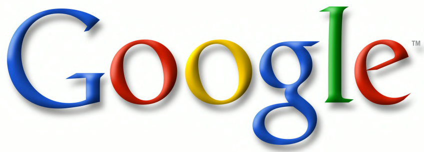
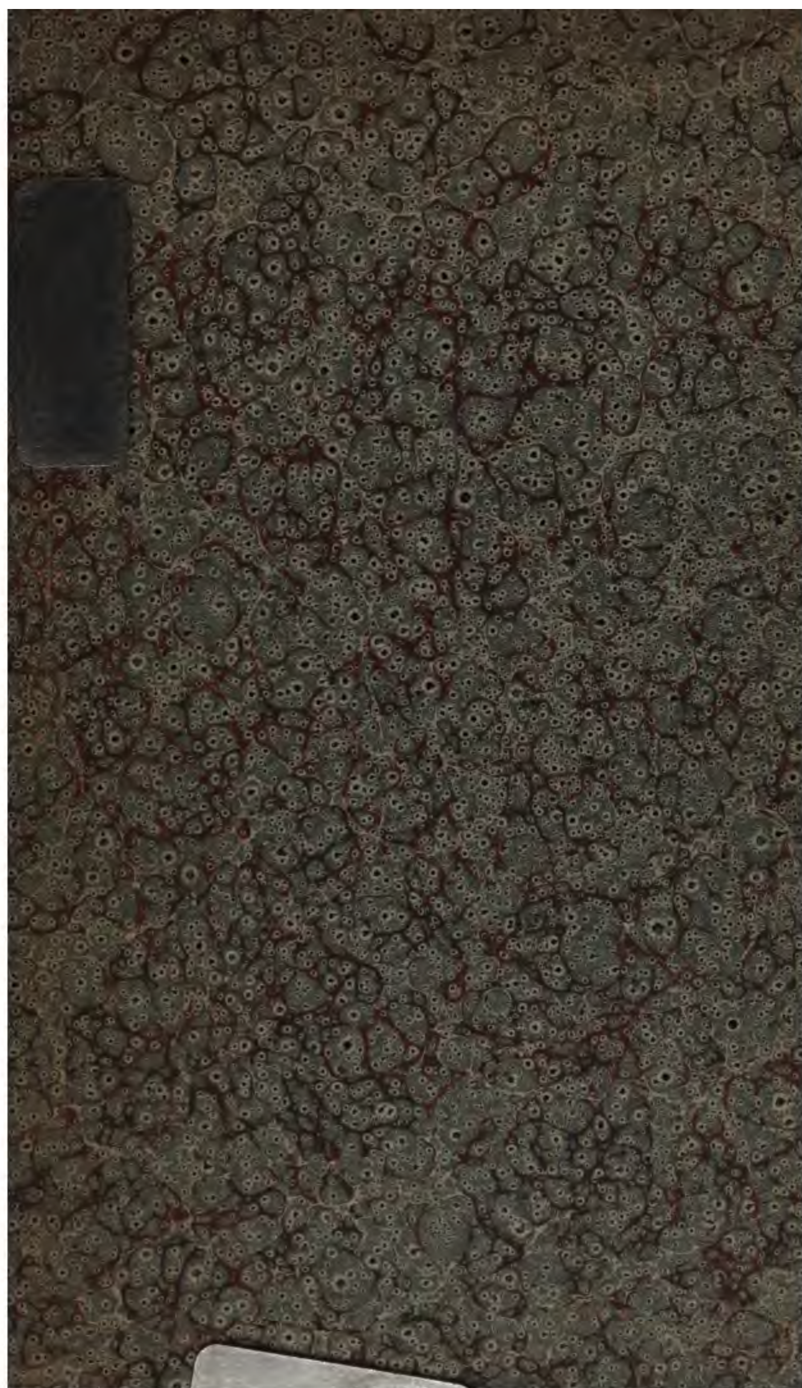
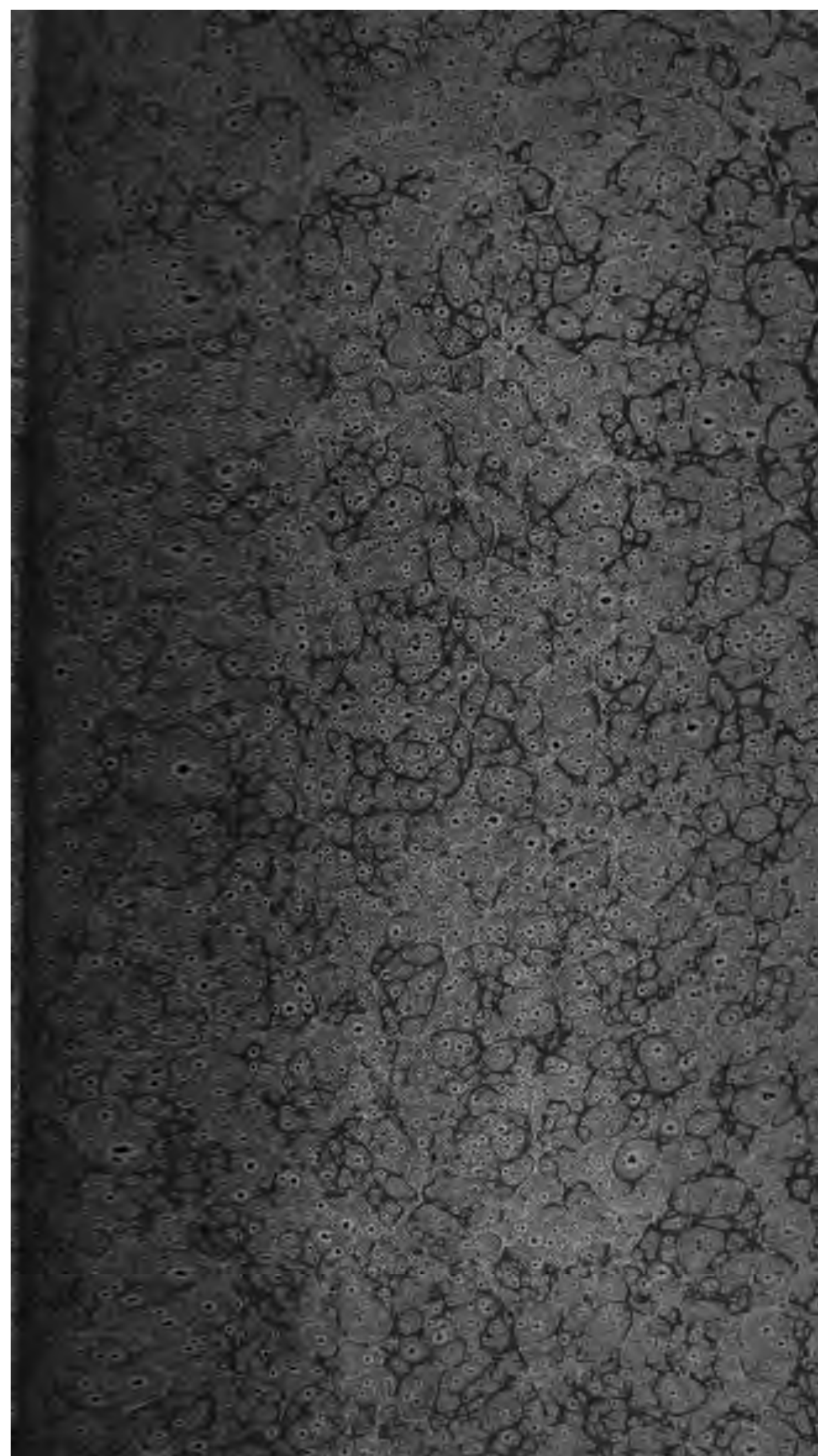



3 3433 06272349 3





# ANNALES
# DES MINES.

# ANNALES
# DES MINES.

# COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire :



L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. le secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, rue du Dragon, n° 30, à Paris.

**Avis de l'Éditeur.**

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils pouvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.


PARIS — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET C^e, RUE RACINE, 26.

# ANNALES

# DES MINES

OU

# RECUEIL

## DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT;

RÉDIGÉES

*Par les Ingénieurs des Mines,*

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

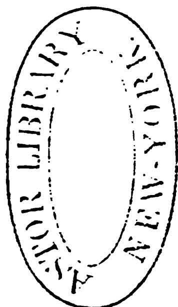
---

## CINQUIÈME SÉRIE.

---

MÉMOIRES. — TOME XVII.

---




PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE V^{ve} DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et V^{ve} Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, 49.

---

1860

# BIBLIOGRAPHIE.

—

## PREMIER SEMESTRE DE 1860.

### FRANCE.

Adhémar. Traité de la coupe des pierres. 6e édit. In-8, VII-540 p. et atlas in-f° de 86 p. — Paris, imp. Thunot et Ce; lib. Dunod. Avec l'atlas, 52 fr.

Annuaire des marées des côtes de France pour l'an 1861, publié au dépôt de la marine sous le ministère de M. l'amiral Hamelin; par A. M. R. Chazallon, ingénieur hydrographe de 1re classe, et L. Gaussin, ingénieur hydrographe de 2e classe. In-18, VIII-323 p. 1 fr.

Brossard. Tables pour le cubage des bois en mètres. 3e édit. In-18, 141 p. — Grenoble, imp. et lib. Baratier père et fils.

Deleau. Traité pratique sur les applications du perchlorure de fer en médecine. In-8, XV-264 p. — Paris, imp. Martinet; lib. Adr. Delahaye. 4 fr.

Ducos. Tables servant au tracé des circonférences de cercle sur le terrain, dressées pour les études et la construction des chemins de fer des Ardennes. Grand in-8, 101 p. — Mézières, imp. et lib. Blanchard.

Duplan. Enquête sur l'état actuel de l'agriculture française. Ce qu'elle est. Ce qu'elle doit être. Voies et moyens. par une réunion de députés au corps législatif. Haute-Garonne. In-8, 29 p. — Paris, imp. Henry Noblet.

Endrès. Manuel du conducteur des ponts et chaussées, d'après

le dernier programme officiel des examens. Ouvrage indispensable aux conducteurs et employés secondaires des ponts et chaussées et des compagnies de chemins de fer, aux agents voyers et à tous les candidats à ces emplois. 2e édit. Tome 2. Partie pratique, avec 224 fig. sur bois intercalées dans le texte. In-8, VIII-344 pages. — Paris. Les deux volumes. 15 fr.

EYMARD. Quelques mots sur les eaux minérales gazeuses, ferro-alcalines et salines du Monestier-de-Clermont (Isère), et, par occasion, sur les eaux minérales en général. In-8, 24 p. — Grenoble, imp. Baratier.

Extraits des publications de la Société géographique de Russie, 1856-57. In-8. — Saint-Pétersbourg.

KÖNIG (T.). Carte des chemins de fer de l'Europe. — Berlin.

STOPPANI (A). Paléontologie lombarde, ou Description des fossiles de Lombardie. Liv. 12, in-4 avec pl. — Milan.

JOURNET. Notice sur la circulation et sur l'équilibre de la séve dans les arbres fruitiers. In-8, 8 p. — Saint-Dié, imp. Trotot.

LE VERRIER. Rapport adressé au ministre de l'instruction publique, sur l'observation de l'éclipse totale du 18 juilet. In-8, 16 p. — Paris, imp. Panckoucke et Ce.

MORIÈRE. Résumé des conférences agricoles sur les distilleries de betteraves. In-16, 48 p. — Caen, imp. et lib. Hardel; Paris, lib. Savy; Rouen, lib. Péron. 30 c.

NAQUET. De l'allotropie et de l'isomérie. Thèse pour l'agrégation, présentée à la faculté de médecine de Paris. In-4, 99 p. — Paris, imp. Thunot et Ce.

NORMAND. Le Vignole des architectes et des élèves en architecture. 2e partie, contenant des détails relatifs à l'ornement des cinq ordres d'architecture. Ouvrage composé de 36 pl. gravées au trait. 3e édit. In-4, 31 p., 36 pl. et frontispice. — Paris, imp. Pillet fils aîné.

PELOUZE et FREMY. Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole. 3e édit., entièrement refondue, avec figures dans le texte. Tome 1er. Chimie inorganique. Métalloïdes. In-8, 177 pages. — Corbeil, imprimerie Crété; Paris. 15 fr.

SAINT-ROBERT (DE). Sur l'analyse du charbon destiné à la fabri-

cation de la poudre. In-8, 16 p. — Paris. imp. Donnaud; lib. Corréard.

SERRES (DE) et CAZALIS DE FONDOUCE. Des formations volcaniques de l'Ardèche et de l'Hérault, particulièrement des environs de Neffiès, faisant suite aux observations sur les terrains pyroïdes du Salagou. In-8, 18 p. et planche. — Montpellier, imp. Boehm et fils.

TERSSEN. Canons rayés. Relation entre les pas des hélices et les calibres des bouches à feu. In-8, 19 p. — Paris, imp. Donnaud; lib. Corréard.

CHARAULT. Recherches sur la déperdition de l'électricité statique par l'air et les supports. Propositions de chimie. Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris. — Paris.

DIEULOUARD. Théorie des cours d'eau. Thèse pour le doctorat. In-8, 301 p. — Paris, imp. Plon.

DUBOIS. Des derniers travaux sur la météorologie. In-8, 31 p. — Paris, imp. Raçon et C^e, lib. Douniol.

GAULTIER DE CLAUBRY. De la culture et de la récolte du liége en Algérie. In-8. 19 p. — Paris, imp. de Soye et Bouchet.

GELLÉE. Précis d'analyses pour la recherche des altérations et falsifications des produits chimiques et pharmaceutiques. In-8, 180 p. — Le Havre, imp. Flambard frères; Paris, lib. Leclerc. 4 fr.

GRANDEAU. Méthode générale d'analyse des eaux. Recherches sur la nature et la composition de l'eau minérale de Pont-à-Mousson (Meurthe). Thèse présentée à l'École supérieure de pharmacie de Paris. In-4, 30 p. — Paris, imp. et lib. Mallet-Bachelier.

HENRY. Des radicaux composés. Thèse présentée au concours pour l'agrégation (section d'anatomie et de chimie) à la faculté de médecine de Paris. In-8, 85 p. — Paris, imp. Martinet; lib. Germer Baillière.

JANSSEN. Mémoire sur l'absorption de la chaleur rayonnante obscure dans les milieux de l'œil. Propositions de chimie. Thèses présentées à la faculté des sicences de Paris. In-4, 24 p. et pl.

LABOULAYE. De la production de la chaleur par les affinités chimiques et des équivalents mécaniques des corps. In-8 à deux colonnes, 15 p. — Paris, imp. Bourdier et C^e.

LAMBRON. Les Pyrénées et les eaux thermales sulfurées de Bagnères-de-Luchon; par le docteur Ernest Lambron, pour le texte, et par Toussaint Lezat, ingénieur, pour les cartes, plans et tableaux des excursions. Tome 2 et fascicule complémentaire du 1er volume. Grand in-18 jésus, p. 397 à 976, 2 cartes et 2 vues. — Paris, imp. et lib. Napoléon Chaix et Ce; Bagnères-de-Luchon, chez les lib.

LORY. Nouveaux détails sur un gisement de nummulites en Maurienne, et considérations sur l'usage des caractères stratigraphiques dans les Alpes. In-8, 8 p. — Paris, imp. Martinet.

LUTZ. Du rôle de l'eau dans les phénomènes chimiques. Thèse présentée au concours pour l'agrégation à la faculté de médecine de Paris. In-8, 70 p. — Paris, imp. Martinet; lib. Adr. Delahaye.

PERS. Agriculture. Définition et théorie raisonnée de la fabrication des engrais, Nécessité de leur fermentation. In-8, 6 p. — Paris, imp. Boisseau et Augros.

REGNAULT. Traité de géométrie pratique et d'arpentage, comprenant les opérations graphiques et de nombreuses applications aux travaux de toute nature, à l'usage des écoles professionnelles, des écoles normales primaires, des employés des ponts et chaussées, des agents voyers, etc. 2e édit., revue et augmentée. In-8, XV-135 pages et 14 planches. — Paris. 5 fr.

SALVA. Du gaz acide carbonique comme analgésique et cicatrisant des plaies. In-8, 42 p. — Paris, imp. Rignoux; lib. Adr. Delahaye.

ARCHIAC (d'). Histoire des progrès de la géologie, de 1834 à 1859; publiée par la société géologique de France, sous les auspices de M. le ministre de l'instruction publique. Tome 8. Formation triasique. In-8, 684 p. — Paris, imp. Martinet; Société géologique, 24, rue du Vieux-Colombier.

BACH. Calcul des éclipses de soleil par la méthode des projections. In-8, VI-72 p. et 3 pl. — Strasbourg, imp. Ve Berger-Levrault; Paris.

BARRIÈRE. Maladie de la vigne. Traitement par le sulfate de cuivre (vitriol). Manuel du vigneron. 2e édit. In-12. 21 p. — Bordeaux, imp. Mme Crugy. 75 c.

BAUDE. La Seine maritime. 2e partie. Le golfe intérieur de la Seine. In-8, p. 41 à 75. — Paris, imp. Claye.

DESCHAMPS. Note sur les différentes espèces de fer métallique employées en médecine. In-8, 8 p. — Paris, imp. Hennuyer.

EBRAY. Note sur la composition géologique du sol des environs de Mâcon, et calcul des dénudations qui se sont opérées dans cette contrée. In-8, 10 p., tableau et vignettes. — Paris, imp. Martinet.

GODEFROY. Rapport sur les richesses minérales des communes de Saint-Bonnet la Rivière, Chabrignac, Juillac, Madrias, Objat, etc., arrondissement de Brives, département de la Corrèze. In-4, 20 p. — Limoges, imp. Ducourtieux.

LA GOURNERIE (DE). Traité de géométrie descriptive. 1re partie. Texte et atlas. In-4, XIX-128 pages et 52 planches. — Paris. 10 fr.

LAPEYRE. Études sur les eaux minérales d'Avenne, arrondissement de Lodève (Hérault). In-8, 148 p. — Lodève, imp. Grillères.

LAROCHE-PONCIÉ. Note sur l'évaluation des distances en mer. In-8, 11 p. — Paris, imp. P. Dupont.

LE FRANÇOIS. Note sur les chaux, les ciments et les mortiers. In-8, 22 p. — Neuilly, imp. Guiraudet.

LENTHÉRIC. Transformation newtonienne des figures planes. 2e partie. In-4, 75 p. et 3 pl. — Montpellier, imp. Boehm et fils.

LUGEOL. Instruction pour le micromètre Lugeol construit par Colombi fils. In-8, 16 p., tableau et pl. — Paris, imp. F. Didot frères, fils et Ce; Colombi fils, 3, quai Conti.

MACÉ. Les chemins de fer du Dauphiné. Guide itinéraire. 1re section : de Saint-Rambert à Grenoble. VI. Voiron et ses environs. La Brunerie, Chirens, Montclair, Saint-Nicolas de Macherin. Tolvon, les Gorges de la Morge, Coublevie, la Chartreuse de Beauregard, le Grand Bret, Saint-Julien de Raz, le Château de la Perrière, la Grande Chartreuse. In-16, 212 p. — Grenoble, imp. et lib Maisonville et fils et Jourdan; toutes les gares 1f,50

MANÈS. Notice sur quelques industries du département de la Gironde. In-8, 56 p. — Bordeaux, imp. Gounouilhou.

PASTEUR. Recherches sur la dissymétrie moléculaire des pro-

duits organiques naturels. Leçons professées à la société chimique de Paris le 20 janvier et le 3 février 1860. In-8, 48 p. — Paris, imp. Lahure et Cᵉ.

PERSOZ. Des accidents que peut occasionner, dans le blanchiment, la teinture, l'impression et l'apprêt des tissus, l'emploi des mastics plombifères, notamment de celui à base de minium. In-8, 9 p. — Paris, imp. Bourdier et Cᵉ.

PERSOZ, DE LUYNES et SALVETAT. Le Rouge d'aniline. Rapport ordonné par jugement du 11 février 1860 (3ᵉ chambre, tribunal de la Seine). Brevets de MM. Renard frères et Franc. In-4, 44 p. — Paris, imp. Martinet.

REBOUL. Des éthers du glycide et de leurs relations avec les éthers glycériques. Propositions de physique. Thèses présentées à la faculté de médecine de Paris. In-4, 71 pages. — Paris.

RIGAULT. Métamorphose de l'acide mucique sous l'influence des ferments. In-8, 16 p. — Amiens, imp. Caron.

ANCA. Note sur deux nouvelles grottes ossifères découvertes en Sicile en 1859; par M. Anca, membre de la Société géologique de France. In-8, 12 p. et 2 pl. — Paris, Martinet, impr.

Annales de la Société d'émulation du département des Vosges. t. 10, 11ᵉ cahier, 1859. In-8, 448 p. — Épinal, vᵉ Gley, impr. et libr.

Annales de l'institut normal agricole de Beauvais. In-8, 62 p. — Beauvais, Desjardins, impr.; Paris.

BAILLON. Recherches organogéniques sur la fleur femelle des conifères. Mémoire présenté à l'Académie des sciences dans sa séance du 30 avril 1860. In-8, 25 p. et 2 pl. — Paris, impr. Martinet; libr. V. Masson.

BARRANDE. Troncature normale ou périodique de la coquille dans certains cas céphalopodes paléozoïques. In-8, 28 p. et planche. — Paris, impr. Martinet.

BRULL et ERMEL. Analyse d'un mémoire de M. Carvallo sur l'injecteur Giffard. In-8, 10 pages. — Neuilly, impr. Guiraudet.

CHATIN. Existence de l'iode dans l'air, le sol et les produits alimentaires. In-8, 37 p. — Versailles, impr. Beau.

DESAINS. Leçons de physique: t. 2, 1ʳᵉ section. In-18, jésus,

IX-330 p. — Paris, impr. Claye, libr. Dezobry, Magdelaine et Cᵉ.

DESMOUSSEAUX DE GIVRÉ. Note sur la coulisse de Stephenson. — In-8, 28 p. — Neuilly, impr. Guiraudet.

École impériale forestière. Calepin de marine et de cubage. Supplément au cours d'exploitation de M. Nanquette. In-8, 24 p. — Nancy, impr. Vᵉ Raybois.

MILNE-EDWARDS (A.). Études chimiques et physiologiques sur les os. Grand in-8, 84 p. — Paris, impr. Martinet, libr. V. Masson.

EMMANUEL. Conférences astronomiques. Première conférence, précédée d'une lettre à l'Académie. In-12, 120 p. — Paris, impr. Bonaventure et Ducessois, libr. Leiber, 1 fr. 50 c.

Encyclopédie théorique et pratique des connaissances utiles, composée de cent traités sur les connaissances indispensables. Livr. 1 à 22,351 p. — Paris, Dutertre, libr.

GRIMAUD. Mémoire sur les eaux de Paris. Projet de distribution générale. Monument hydraulique et eaux jaillissantes, dessinés par Adrien Dauzats. In-4°, 66 p. Paris, impr. Raçon et Cᵉ.

HUET. Note sur les gisements des provinces basques et de la province de Santander, visités en 1856 et 1857. In-8, 16 p. — Neuilly, impr. Guiraudet.

MATHIEU. Les houillères anglaises et les houillères du département du Nord. In-8, 61 p. — Arras, impr. Tierny.

NICKLÈS. Les Électro-aimants et l'adhérence magnétique. In-8, VII-305 pages et 5 planches. — Nancy, imprimerie Raybois; Paris.

ROTH. Des pyroléines, ou huiles inoxydables pour le graissage des machines de filature. Mémoire présenté à la Société industrielle de Mulhouse au concours pour la médaille d'or proposée pour le meilleur mémoire sur l'épuration des différentes espèces d'huiles propres au graissage des machines. In-8, 96 p. — Mulhouse, impr. Silbermann, libr. Devilliers.

ROUGIER et GLÉNARD. Hygiène de Lyon. Compte rendu des travaux du conseil d'hygiène publique et de salubrité du département du Rhône. Du 1ᵉʳ janvier 1851 au 31 décembre 1859. In-8°, XXIV-584, p. — Lyon, impr. Vingtrinier.

CLIFTON SORBY. De l'action prolongée de la chaleur et de l'eau sur différentes substances. In-8, 6 p. — Paris, impr. Martinet.

Barême des ouvriers à la veine. Compagnie de Courrières. 1860, in-8, 19 p. — Anzin, impr. et libr. Boucher-Moreau.

BAUTIER. Tableau analytique de la flore parisienne d'après la méthode adoptée dans la flore française de MM. Lamarck et de Candolle, contenant tous les végétaux vasculaires de nos environs et de la description des familles et des genres disposés d'après la nouvelle classification de M. de Candolle suivi d'un vocabulaire renfermant la définition des mots techniques employées dans cet ouvrage, et d'un guide du botaniste pour les herborisations aux environs de Paris; 9$^e$ édit., revue et corrigée. In-18, VI-466 p. — Paris, impr. Hennuyer, libr. Asselin.

BOUSSINGAULT. Agronomie, chimie agricole et physiologie; 2$^e$ édit., revue et considérablement augmentée. T. 1$^{er}$, in-8, VIII-396 p. et 2 pl. — Paris.

CALLAUD. Essai sur les piles servant au développement de l'électricité. Ouvrage couronné par la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. In-8, p. et pl. — Lille, impr. Danel.

DU MONCEL. Études des lois des courants électriques au point de vue des applications électriques. In-8, X-201 p. — Paris, impr. Claye, libr. L. Hachette et C$^e$.

DURAND. Mémoire pour servir à faire connaître le régime des eaux de l'arrondissement de Dunkerque, tant pour le dessèchement du pays que pour la navigation, l'irrigation et l'alimentation de la ville de Dunkerque par les eaux douces; comprenant la division et la nomenclature du territoire soumis aux wateringues, avec recherches et observations propres à résoudre plusieurs des questions proposées pour les assises du congrès archéologique de France qui se tiendront à Dunkerque en août 1860. In-8, 176 p., plan et carte. — Dunkerque, impr. Kien, libr. Maillard.

FORTHOMME. Traité élémentaire de physique expérimentale et appliqué. T. 2. Acoustique, magnétisme, électricité statique, électricité voltaïque, optique. In-18, 520 p. et 8 pl.

comprenant 580 grav. — Saint-Nicolas (Meurthe), impr. Trenel, Paris, lib. J. B. Baillière et fils. 5 fr.

Guibal. Jeaugeage des eaux fournies par les filtres de Toulouse pendant l'étiage de la Garonne. In-8, 7 p. — Toulouse, impr. Douladoure.

Lejeune (Ph.). Du défrichement des bruyères et particulièrement des landes de la Campine, etc. In-18, 136 p. avec fig.— Bruxelles, Méline, Cans et Ce.

Masure. Analyse physique des terres arables par la méthode et avec l'appareil de M. Masure. In-8, 15 p. — Paris, impr. et libr. P. Dupont.

Monnier. Recherches chimiques sur les sucres destinés au raffinage. Mémoire sur les eaux insalubres, présenté à l'Académie des sciences. In-8, 23 p. Paris, impr. Pillet fils aîné; Leiber et Faraguet, rue de Seine, 13.

Mouchon. Essai pratique sur les sirops alcooliques. In-8, 126 p. — Lyon, impr. Vingtrinier; l'auteur; Paris, libr. Savy.

Roche. Réflexions sur la théorie des phénomènes cométaires, à propos de la comète de Donati. In-4, 54 p. et 2 pl.—Montpellier, impr. Boehm et fils; Paris, libr. Leiber.

Bondy (de). Influence du traité de commerce avec l'Angleterre sur les divers intérêts du Berry. In-8, 20 p. — Paris, impr. Chaix et Ce.

Clairaut. Éléments de géométrie de Clairaut, *nouvelle édition* publiée conformément aux indications des derniers programmes, sans autres changements que la substitution des nouvelles mesures aux anciennes, par M. Saigez. In-12, VIII-133 p. — Paris, imprim. Lahure et Ce; libr. L. Hachette et Ce.

Claudel. Formules, tables et renseignements pratiques, aide-mémoire des ingénieurs, etc. 5e édit. In-8, XXXII-1173 p. et 3 pl. — Paris, libr. Dalmont et Dunod.

Concours pour la recherche du vert de Chine. Délibération prise sur le rapport de M. Glénard. Chambre de commerce de Lyon. In-8, 24 p. — Lyon, imp. Perrin.

Congrès scientifique de France. 26e session, tenue à Limoges en septembre 1859. T. 1er, In-8, XV-708 p. — Limoges, impr. et libr. Chapoulaud frères; lib. Derache.

Conseil central d'hygiène publique et de salubrité du dépar-

tement de la Seine-Inférieure. Travaux du conseil central pendant l'année 1859. In-8, 255 p. — Rouen, imprim. Péron.

CORTAMBERT. Géographie physique du globe et géographie générale de l'Asie moderne, rédigées conformément aux derniers programmes officiels pour la classe de 6e; *nouvelle édit.* In-12, 64 p. — Paris, imprim. Lahure et Ce; lib. L. Hachette et Ce.

CORTAMBERT. Tableau général de l'Amérique. Rapport sur les progrès de l'ethnographie et de la géographie en Amérique pendant les années 1858 et 1859. Société d'ethnographie orientale et américaine. In-8, 30 p.— Paris, impr. de Soye et Bouchet; libr. Challamel aîné.

FREYCINET. De l'analyse infinitésimale, étude sur la métaphysique du haut calcul, avec figures intercalées dans le texte. In-8, XVI-261 p. — Paris, impr. Remquet et Ce; libr. Mallet-Bachelier.

LALLEMAND, PERRIN et DUROY. Du rôle de l'alcool et des anesthésiques dans l'organisme; recherches expérimentales. In-8, XII-432 p. et 10 fig. intercalées dans le texte. — Paris, impr. Martinet; libr. Chamerot.

LANGLEBERT et CATALAN. Nouveau manuel des aspirants au baccalauréat ès sciences complet, rédigé conformément au programme officiel de 1857, accompagné de 3 cartes géographiques, 8 planches gravées, et 1,200 gravures intercalées dans le texte. 8e édition, in-12, XII-336 p. — Paris, impr. et libr. J. Delalain.

OGER. Géographie physique, militaire, historique, politique, administrative et statistique de la France, rédigée conformément au programme officiel, à l'usage des candidats à l'école militaire de Saint-Cyr; 2e édit., revue, corrigée et commentée de la géographie industrielle et commerciale. In-8, XII-124 p. et atlas in-folio de 17 cartes. — Paris.

TOMBECK. Traité d'arithmétique à l'usage des classes de sciences des lycées et des candidats au baccalauréat ès sciences et aux écoles du gouvernement. In-8, 270 p. — Paris, impr. Lahure et Ce; Libr. L. Hachette et Ce.

BRIOT. Leçons d'algèbre, conformes aux programmes officiels

de l'enseignement des lycées. 1re partie, à l'usage des élèves des lycées et des candidats au baccalauréat ès sciences, à l'école de marine et à l'école militaire de Saint-Cyr. 5e édit. In-8, VII-311 p. — Paris, imp. Thunot et Ce; libr. Dalmont et Dunod.

MARCOTTE. Les animaux vertébrés de l'arrondissement d'Abbeville. In-8, 262 p. — Abbeville, impr. Briez.

Mémoires et documents publiés par la société savoisienne d'histoire et d'archéologie. Tome 4. In-8, LXVIII-340 p. — Chambéry, impr. Bottero.

MEUREIN. Observations météorologiques faites à Lille pendant l'année 1858-1859. In-8, 63 p. et tableau. — Lille, impr. Danel.

MULAT. Traité de géométrie pratique, précédé du système métrique des poids et mesures, et suivi des règles de trois, d'intérêt et d'escompte, avec un grand nombre de modèles d'actes sous seing privé, à l'usage des écoles primaires, des cultivateurs et des ouvriers de toutes les professions. In-12, 143 p. et 4 pl. — Corbeil, impr. Crété; Paris, libr. Lacroix.

NOULET. Flore analytique de Toulouse et de ses environs. In-12, XV-368 p. — Toulouse, impr. Chauvin; libr. Delboy.

ARMENGAUD frères et AMOUROUX. Nouveau cours raisonné de dessin industriel appliqué principalement à la mécanique et à l'architecture, comprenant le dessin linéaire proprement dit; les études de projections; la construction des modèles en bois et des engrenages; les tracés d'excentriques, etc. et terminé par des vues d'ensemble des appareils et des machines les plus en usage dans l'industrie, avec la description très-développée des objets et de leurs mouvements géométriques, et des règles pratiques relatives à la géométrie, à la mécanique, etc. (Texte). Grand in-8 jésus, 360 pages. — Paris, imprimerie Claye; 45, rue Saint-Sébastien; librairie Dunod.

BARRUEL. Traité de chimie technique appliquée aux arts et à l'industrie, à la pharmacie et à l'agriculture. Tome 5, consacré à la chimie organique générale. In-8, 516 p., avec figures dans le texte. — Mesnil (Eure), impr. H. F. Didot. Paris, libr. F. Didot frères, fils et Ce.

BAUDRIMONT. Observations sur les poids spécifiques des fluides,

élastiques. Lu devant l'Académie impériale de Bordeaux, dans la séance du 23 juin 1859.) In-8, 32 p. — Bordeaux, impr. Gounouilhou.

BOULANGER. Étude sur la barre de l'Adour. In-8, 16 p. et plan. — Bayonne, impr. Lespès.

CHEVALLIER. Essai sur la possibilité de recueillir les matières fécales, les eaux vannes, les urines de Paris, avec utilité pour la salubrité et avantage pour la ville et pour l'agriculture. In-8, 35 p. — Paris, imp. Martinet; libr. J. B. Baillière et fils.

JACOBS. Géographie historique de la Gaule. Additions et rectifications à la liste des fleuves et rivières de la Gaule. In-8, 7 p. — Paris, impr. P. Dupont.

KUHN. Les eaux de Niederbronn. Description physique et médicale de cet établissement de bains; 3e édit. In-8°, VIII-200 p., carte et gravure. — Strasbourg, impr. et libr. Ve Berger-Levrault et fils ; Paris, même maison; libr. V. Masson.

LACAZE-DUTHIERS. Mémoire sur la pourpre. In-8, 80 p. et planche. — Lille, impr. Danel.

LEFÈVRE-BRÉART. Leçons d'agriculture et d'horticulture en deux ans. Entretiens familiers sur l'agriculture et sur l'horticulture, suivis d'un traité pratique et facile de drainage, et d'un petit poëme sur le travail et le bonheur des champs, ou une lecture par semaine; à l'usage des maisons d'éducation et des familles, d'après les écrits, les travaux, les découvertes et l'expérience des agronomes les plus distingués. 1re partie. In-12, 287 p. avec fig — Mézières, libr. L. Hachette et Ce; l'auteur, à Launois (Ardennes).

LIMNELL. Tables relatives au tracé des courbes des chemins de fer. In-8, VII-60 p. — Paris, impr. Claye; libr. Lacroix.

Liste des récompenses accordées, à l'occasion du concours général et national d'agriculture de Paris en 1860, aux produits de l'Algérie et des colonies. In-8, 15 p. — Paris, impr. Carion.

LORY. Description géologique du Dauphiné (Isère, Drôme, Hautes-Alpes), pour servir à l'explication de la carte géologique de cette province. 1re partie, in-8, 244 p. et pl. — Grenoble, impr. et libr. Maisonville et fils et Jourdan; libr. Merlo et Ce; Paris, libr. Savy.

MARLÈS (de). Les Cent merveilles des sciences et des arts.

5ᵉ édit. In-12, 240 p. et 2 grav. — Tours, impr. et libr. Mame et Cᵉ (1861).

Mémoires de la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. Année 1859, 11ᵉ série. 6ᵉ volume. In-8, XCIV-434 p., pl. et tableau. — Lille, impr. Danel; tous les libr.; Paris, libr. Derache.

MORELET. Iles Açores. Notice sur l'histoire naturelle des Açores, suivie d'une description des mollusques terrestres de cet archipel, avec 5 pl. gravées et coloriées. In-8, 226 p. — Dijon, impr. Rabutot ; Paris, libr. J. B. Baillière et fils.

PESCATORE. Iconographie des orchidées de la collection de M. Pescatore, au château de la Celle-Saint-Cloud. Gr. in-folio 12ᵉ et demi livr. 1ʳᵉ année, avec 4 pl. color. — Bruxelles, C. Muquardt.

VIGNOTTI. Des irrigations du Piémont et de la Lombardie. Communication à l'académie impériale de Metz, faite dans la séance du 24 novembre 1859. In-8, 65 p.—Metz, imp. Blanc.

Abrégé de géométrie pratique appliquée au dessin linéaire, au toisé et au lever des plans ; suivi des principes de l'architecture et de la perspective, et orné de 400 gravures en taille-douce ; par F. P. B. In-12, IV-180 p. — Tours, impr. et libr. Mame et Cᵉ ; Paris, librairie Vᵉ Poussielgue-Rusand.

ALLUAUD. Aperçu géologique et minéralogique sur le département de la Haute-Vienne. In-8, 46 p. — Limoges, impr. Chapoulaud frères.

Almanach des mines d'or, 1861. In-16, 160 p. et vign.—Nancy, impr. Hinzelin et Cᵉ ; Paris, les principaux libraires.

AMIOT. Éléments de géométrie, rédigé d'après le nouveau programme de l'enseignement scientifique dans les lycées, suivis d'un complément à l'usage des élèves de mathématiques spéciales. 6ᵉ édit. In-8, VII-406 p. et fig. interc. dans le texte. — Paris, impr. Bonaventure et Ducessois; librairie Dezobry, Magdelaine et Cᵉ.

AMIOT. Leçons nouvelles d'algèbre élémentaire, rédigées d'après le nouveau programme de l'enseignement scientifique des lycées. 2ᵉ édit. refondue et augmentée. In-8, 348 p. — Paris, impr. Bonaventure et Ducessois; libr. Dezobry, Magdelaine et Cᵉ.

CHEVALIER. Notions élémentaires d'agriculture, à l'usage des écoles primaires, rédigées sur le plan adopté par le conseil

académique de Bordeaux. 3e édition. Grand in-16, 160 p. —Paris, impr. Walder; libr. Charlieu et Huillery.

DUCHARTRE. L'eau de la pluie qui mouille et lave les organes extérieurs des plantes est-elle absorbée directement ? Recherches expérimentales sur cette question. In-8, 8 p. — Paris, impr. Martinet.

DUHAMEL. — Mémoire sur la méthode des maxima et minima de Fermat et sur les méthodes des tangentes de Fermat et Descartes. Institut impérial de France. In-4, 64 p. — Paris, impr. F. Didot frères, fils et Ce.

GRIMAUD DE CAUX. De l'aménagement et de la conservation de l'eau pure pour les besoins de l'économie domestique dans les communes et dans les habitations rurales dépourvue d'eau de source et de rivière. Instructions pratiques à l'usage des agents-voyers. In-8' 3 p. — Paris, impr. Raçon et Ce.

MILLON. Théorie chimique de la nitrification; par E. Millon, pharmacien en chef des services militaires de l'Algérie. In-8,

MONDOD. Mémoire sur la dérivation des projectiles oblongs lancés avec des armes rayées. In-8, 31 p. et pl. — Sceaux, impr. Dépée; Paris, libr. Corréard.

SCHMOELZL. Appendice aux canons rayés. Traduit de l'allemand, par E, Heydt, sous-lieutenant au 2e régiment d'artillerie. In-8, 31 p. et pl. — Sceaux, impr. Dépée; Paris, libr.

SCHMOELZL. Les canons rayés, historique de leur développement et perfectionnement actuel de cette arme. Étude militaire. Traduit de l'allemand, par E. Heydt, sous-lieutenant au 2e d'artillerie. In-8, 156 p, et 4 pl.—Sceaux, imp. Dépée; Paris, libr. Corréard.

XYLANDER. Traité des mares. Traduit de l'Allemand par le colonel P. d'Herbelot, et augmentée d'une notice, 3e partie, in-8, p. 493 à 853 et 3 pl. — Sceaux, impr. Dépée; Paris, libr. Corréard.

ALLUAUD. De l'influence de la cuisson à la houille sur l'avenir des fabriques de porcelaine en Limousin. In-8, 15 p.— Limoges, impr. Chapoulaud frères.

BRAME. Sciences physiques et naturelles. Résumé des travaux exécutés en l'année 1856. In 8, 34 p.—Tours, imp. Ladevèze.

BRAME. Sur un nouveau mode de fabrication du fumier de ferme et d'écurie, ou la litière-fumier. In-8, 12 p. — Tours, impr. Lodevèze.

EBRAY. Remarques sur la terre à foulon et sur les poudingues

tertiaires. In-8, 15 p, et pl. — Nevers, impr. Fay; Paris, lib. J. B. Baillière et fils.

Hugot. Conférences agricoles, précédées de quelques questions sur la botanique, à l'usage des écoles primaires et des cultivateurs. Ouvrage publié sous le patronage de la société d'agriculture de Joigny. In-12, 216 p. — Saint-Denis, impr. Moulin; Paris, libr. Ducrocq.

Rouville (de). Coup d'œil historique sur les études géologiques, paléontologiques et minéralogiques de l'Académie de Montpellier. In-8, 56 p. — Paris, impr. et libr. P. Dupont.

Abrégé de géométrie appliquée au dessin linéaire, à l'arpentage, au nivellement et au lever des plans, suivi des principes de l'architecture et de la perspective; par F. P. B. A l'usage des écoles chrétiennes. Ouvrage accompagné d'un atlas et contenant 380 figures dans le texte. In-12, VIII-284 p. — Tours, imp. et lib. Mame et C^e^; Paris, lib. V^e^ Poussielgue-Rusand.

Almanach de chimie agricole, industrielle, etc.; par H. D. M., pour 1861. 8^e^ année. In-18, 176 p. et vign. — Rouen, imp. et lib. Vimont.

Almanach de l'agriculteur praticien pour 1861. 5^e^ année. Grand in-18, 108 p. et vign. — Évreux, imp. Hérissey; Paris, lib. Goin. 50 c.

Anjubault. Nouvelles remarques sur quelques animaux vertébrés de la Faune de la Sarthe. In-8, 20 p. — Le Mans, imp. Monnoyer,

Beudant. Minéralogie. Géologie. 9^e^ édit. In-12, XXII-148 p avec fig. dans le texte. — Paris, imp. Raçon et C^e^; lib. Garnier frères; Victor Masson. 6 fr.

Bourget. Théorie élémentaire des approximations numériques, contenant un grand nombre d'applications à des problèmes d'arithmétique, de géométrie, de mécanique et de physique, à l'usage des aspirants au baccalauréat ès sciences et des candidats aux écoles du gouvernement. In-12, IV-116 p. — Clermont-Ferrand, imp. et lib. Thibaud; Paris, lib. Blériot. 1^f^,75.

Boyé. Des féculeries. Rapport présenté au conseil d'hygiène et de salubrité publique du département des Vosges. In-8, 15 p. — Épinal, imp. Cabasse.

Burat. Le Matériel des houillères en France et en Belgique. Description des appareils, machines et constructions em-

ployés pour exploiter la houille, avec atlas in-f° de 77 pl. In-8, 330 p. et atlas. — Paris, imp. Hennuyer; lib. Noblet. 60 fr.

CAHOURS. Histoire des radicaux organiques. Leçon professée à la société chimique de Paris, le 30 mars 1860. In-8, 52 p. — Paris, imp. Lahure et Ce.

CASTOR. Recueil d'appareils à vapeur employés aux travaux de navigation et de chemins de fer. In-f° à 2 colonnes. 54 p. et 19 pl. — Paris, imp. F. Didot frères, fils et Ce. Libr. Dunod.

CHAUVEAU. Théorie des effets physiologiques de l'électricité. In-8, 16 p. — Lyon, imp. Vingtrinier.

DESNOS. Description du barillet producteur de mouvement circulaire direct par la vapeur, et restituteur de calorique. In-8, x-19 p., 1 pl. — Nancy, imp. Ve Raybois; lib Desnos. 1 fr.

LE CLERC. Recherches physiologiques et anatomiques sur le mouvement des végétaux. Discours prononcé à la rentrée de l'École de médecine de Tours, le 10 décembre 1859. In-8, 28 p. — Tours, imp. Ladevèze.

TARNIER. Nouvelle arithmétique théorique et pratique, à l'usage des commençants. Ouvrage fondé sur le système légal des poids et mesures. 2e édit. In-12, iv-290 p. — Paris, imp. Lahure et Ce; lib. L. Hachette et Ce. 2 fr.

VIALA. Étude sur le rôle de l'azote dans la confection des engrais organiques et dans l'alimentation souterraine des plantes. In-8, 112 p. — Castelnaudary, imp. et lib. Ve Bouchard-Huzard.

DEHERAIN. Étude pour servir à l'histoire de la chimie. La découverte de la composition de l'eau. In-8, 60 p. — Paris, imp. Bourdier et Ce.

Extrait de l'abrégé du cours de géométrie appliquée au dessin linéaire; par F. P. B. In-18, 112 p. — Tours, imp. et lib. Mame et Ce; Paris, lib. Ve Poussielgue-Rusand.

FRANÇOIS. Les Eaux minérales dans leurs rapports avec la science de l'ingénieur. In-8, 79 p. — Paris, imp. Bonaventure et Ducessois.

LEROUX. Traité pratique sur la filature de laine peignée, cardée, contenant : première partie, mécanique pratique, formules et calculs appliqués à la filature; deuxième partie, filature de la laine peignée, cardée peignée sur le Mull-Jenny ;

3ᵉ partie, filage anglais et français sur continus; 4ᵉ partie, laine cardée. Ouvrage accompagné d'un atlas de 12 pl. et 34 grav. In-8. — Abbeville, imp. Briez; lib. Vitoux; l'auteur, à Hangest-sur-Somme. 12 fr.

PONTÉZIÈRES. Nouvelle découverte contre l'oïdium. In-8, 7 p. — La Rochelle, imp. et lib. Deslandes.

ROBERT-DUTERTRE. Ensemencements et labours. In-12, 28 p. — In-12, 28 p. — Mayenne, imp. et lib. Derenue.

ROUMEGUÈRE. Des lichens, et en particulier des lichens des environs de Toulouse, pouvant être utilisés dans l'économie domestique, la médecine et les arts industriels. In-8, 9 p. — Toulouse, imp. Douladoure.

ROUSSEL. Des champignons comestibles et vénéneux qui croissent dans les environs de Paris. Présenté et soutenu comme sujet de thèse devant l'école préparatoire de médecine et de pharmacie de Rouen. In-8, 68 p. — Rouen, imp. Péron.

VALENTINE. Chemins de fer à traction de cheval, dits chemins américains. Considérations en faveur de leur application générale en France sur les routes, dans les grandes villes et leurs faubourgs. In-8, 77 p. et 2 pl. — Paris, imp. Tinterlin et Cᵉ.

VALSERRES. Nouveau procédé de vinification expérimenté par M. Abel Petitot de Chamirey. In-16, 15 p. — Bordeaux, imp. Gounouilhou.

Annales de l'Observatoire impérial de Paris, publiées par U. J. Le Verrier, directeur de l'Observatoire. Observations. Tome 12. In-4, IX-487 p. — Paris.

CAHOURS. Traité de chimie générale élémentaire, leçons professées à l'école centrale des arts et manufactures. 2ᵉ édit. Tome 3. Illustré de 40 fig. sur bois intercalée dans le texte. In-12, XV-644 p.

CAILLIAUD. Des monstruosités chez divers mollusques. In-8, 8 p. — Nantes, imp. V. Mellinet.

CHAZALON. Calendrier de poche, contenant les heures de marées de chaque jour, matin et soir, extraites de l'Annuaire de M. Chazallon, et divers renseignements utiles au commerce. 13ᵉ année. 1861. In-24, 20 p. et tableau des signes de marée pour le port du Havre. — Le Havre, imp. et lib. Costey frères.

Conseil supérieur de l'agriculture, du commerce et de l'industrie. Enquête. Traité de commerce avec l'Angleterre. Industrie métallurgique. Tome 2. Fonte, fers et aciers. Dérivés de la fonte, du fer et de l'acier. Métaux et ouvrages en métaux autres que le fer. Machines et mécaniques. In-4, VIII-767 p. — Paris, imp. impériale.

Expériences faites en 1850-1851 sur la fabrication des canons de 32 livres pour armement des côtes, coulés aux fonderies sud de Boston, de West-Point et de Fort-Pitt. In-8, 59 p. et pl. — Paris, imp. Moquet; lib. Corréard.

HOFFET. Arithmétique élémentaire complète, renfermant 2.600 exercices de calcul et problèmes d'arithmétique. Manuel de l'élève. 2e édit., revue, corrigée et considérablement augmentée. In-12, 287 p. — Lyon, imp. Labaume; l'auteur, avenue de Noailles, 61; Paris, lib. Lethielleux.

JOLY. Sériciculture. Nouveau moyen proposé par le professeur Emilio Cornalia, pour distinguer à coup sûr la bonne graine de vers à soie de la mauvaise; réflexions à ce sujet par le docteur N. Joly. In-8, 15 p. — Toulouse, imp. Douladoure.

KAMIENSKI. Nouveau cours raisonné et pratique de la langue allemande, répondant au programme actuel de l'enseignement public. Ouvrage divisé en deux parties, comprenant: 1° grammaire; 2° exercices; et rédigé sur un plan entièrement nouveau. Grammaire. 2e édit. In-12, X-130 p. et 2 tableaux. — Strasbourg, imp. Silbermann; Paris, lib. Derache; Chalon-sur-Saône, Mulcey. 2 fr.

LEFOUR. Manuel aide-mémoire du cultivateur. 2e division. Agriculture. 1re partie. Sol et engrais (chimie et météorologie). In-18 jésus, 174 p. — Paris, imp. Bourdier et Ce; lib. Lacroix. 1f,25.

MURPHY. Le Cultivateur anglais. Théorie et pratique de l'agriculture. 5e édit., traduite de l'anglais par J. Sanrey. In-12, 192 p. — Évreux, imp. Hérissey; Paris, lib. Goin. 1f,50.

OLIPHANT. La Chine et le Japon, mission du comte d'Elgin pendant les années 1857, 1858 et 1859. Traduction nouvelle, précédée d'une introduction par M. Guizot. 2 vol. in-8, XXXIX-908 p. — Paris, imp. Wittersheim; lib. Michel Lévy frères. 12 fr.

TERQUEM. Observation sur le genre myoconcha Sowerby. In-8, 10 p. — Metz, imp. Blanc.

VIONNET. Notice sur les cendres des anciennes salines de Grozon

employées en agriculture. In-8, 8 p. — Arbois, imp. Javel.

DUBREUIL (A.). Manuel d'arboriculture des ingénieurs; plantations d'alignement forestières, d'ornement, boisement des dunes, des talus, des haies vives, des parcelles excédantes des chemins de fer. — Paris, 1860. In-8. II-228 p.

DE LAVERGNE (L.). Économie rurale de la France depuis 1789. — Paris, 1860. In-8. VIII-312 p.

Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg. Tome 1er. — Saint-Pétersbourg, 1860. (Leipzig, Voss). In-4. XII. (Voir la suite de ce numéro 1953.)

HEUZÉ (G.). Plantes industrielles. 2e partie. Plantes textiles, narcotiques, à sucre et à alcool, aromatiques et médicinales. — Paris, 1860. In-8. 518 p.

JACQUELIN DU VAL (C.). Glanures entomologiques ou Recueil de notes monographiques, descriptions, critiques, remarques et synonymes divers. Cahier numéro 2. — Paris, 1860. In-12. 61-164 p.

DU TEMPLE (L.). Cours de machines à vapeur fait à Brest, aux mécaniciens de la marine impériale. Tome 1er. Arithmétique, géométrie, mécanique, physique, rédigé d'après le programme officiel, accompagné d'un atlas de 13 planches gravées. — Paris, 1860. In-8. XV-292 p.

GUYOT (J.). Culture de la vigne et vinification. — Paris, 1860. In-12. XII-462 p.

JACQUIN (.A). Nouvel album des chemins de fer, avec une introduction par A Perdonnet. — Paris, 1860. In 8. 46 p.

PIOBERT (G.). Traité d'artillerie théorique et pratique. Partie théorique. Mouvement des gaz de la poudre. — Paris, 1860. In-4. VIII-96 p.

RIVOT (L.-E.). Principes généraux du traitement des minerais métalliques. Traité de métallurgie théorique et pratique. Tome II. Métallurgie du plomb et de l'argent. — Paris, 1860. In-8. 774 p. librairie Dunod.

DIOT (A.). Traité théorique et pratique sur la meulerie et la meunerie. — Paris, 1860. In-8. XXVII-372 p.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg. 7e série. Tome III. Nos 1 et 2. — Saint-Pétersbpurg, 1860. (Leipzig, Voss). In-4. 45 u. 20 p.

LEBON (E.). Études historiques, morales et statistiques sur l'horlogerie en Franche-Comté. — Paris, 1860. In-12 353 p.

LORENTZ. Cours élémentaire de culture des bois créés à l'école

## ANGLETERRE.

**Boole** (G.). *A treatise on the calculus...* Traité du calcul aux différences finies. — Londres, 1860. In-8. 250 p.

**Darwin** (C.). *Journal of researches...* Journal des recherches sur l'histoire naturelle et la géologie des contrées visitées pendant le voyage fait autour du monde par le navire le *Beagle*, de S. M. Britannique, sous le commandement du capitaine Fitzroy. Nouvelle édition.—Londres, 1860. In-8. 39 p.

**Goss** (P.-H.). *A history of the british...* Histoire des anémones de mer et des madrépores, avec une figure coloriée de chaque espèce. — Londres, 1860. In-8.

**Roberts** (G.-E.). *The rocks of...* Les roches du Worcestershire; leur caractère minéralogique et les fossiles qu'elles contiennent. — Londres, 1860. In-12.

*The nature printed british...* Les plantes marines des îles britanniques imprimées d'après nature; publications accompagnée de figures des algues des îles Britanniques. — Londres, 1860. In-8.

**Macfarlane** (R.). *A pratical treatise on dyeing...* Traité sur la teinture et les toiles peintes; comprenant les dernières découvertes et les perfectionnements les plus récents. Avec un appendice et de nombreuses illustrations. — New-York. In-8. 750 p.

**Ferrel** (W.). *The motions of fluides...* Les mouvements des fluides et des solides relativement à la surface de la terre, comprenant les applications aux vents et aux courants de l'Océan. — New-York, 1860. In-4. 72 p.

*Flora of Suffolk...* Flore de Suffolk : Catalogue des plantes indigènes ou exotiques trouvées dans une région déserte du comté de Suffolk, par J.-S. Heslow et E. Skepper. — Bury Sint-Edmunds, 1860. In-12. 150 p.

*Canadian naturalist and geologist...* Le naturaliste et le géologue canadien; procès-verbaux de la Société d'histoire naturelle de Montréal. Publié par une commission de la Société d'histoire naturelle. Vol. IV. — Montréal, 1860. In-8. 500 p.

**Vignoles** (C.). *Observations to accompany the...* Observations pour accompagner la carte de l'ombre projetée par l'éclipse totale de soleil du 18 juillet 1860, vers la partie est de l'Espagne. — Londres, 1860. In-8.

BENNETT (G.). *Gathering of a naturalist...* Recueil d'un naturaliste en Australie : Observations faites principalement sur les productions animales et végétales de la Nouvelle-Galles du sud, de la Nouvelle-Zélande et de quelques-unes des îles australes. — Londres, 1860. In-8. 460 p.

*The birds of the north America...* Les oiseaux de l'Amérique septentrionale : description des espèces basée principalement sur les collections du Muséum de l'Institution Smithsonienne; par Spencer, F. Baird, avec la coopération de J. Cossin et G.-N. Lawrence. — Philadelphie, 1860. In-4. LVI-1005 p.

*Smithsonian contributions to knowledge...* Publications Smithsoniennes. — Washington, 1860. In-4.

BRIDGE. *The Practical Mine's...* Guide du mineur pratique; avec additions par J. Atkins.

TYNDALL (Jonh). *The glaciers of the Alpes...* Les glaciers des Alpes; récits d'excursions et d'ascensions; recherches sur l'origine des glaciers et exposition des principes physiques auxquels elle a été rapportée.

DAY (Gerge E.). *Chemistry its relations...* La chimie dans ses applications à la physiologique et à la médecine.

O'NEIL (Charles). *Chemistry of calico printing...* La chimie de l'impression sur calicot, comprenant ce qui concerne la soie, la laine, les tissus composés; ouvrage pratique et théorique; avec nombreux renvois aux sources originales et une indication des brevets pris à ce sujet en 1858 et en 1859.

BEKE (C. T.). *The Sources of the Nil...* Les sources du Nil; description générale du bassin de ce fleuve et de ses sources à son origine, avec l'histoire de la découverte du Nil. In-8 avec carte et illustration.

ATKINSON (T. W.). *Travels in the Regions...* Voyages dans les régions du Haut et Bas Amour et des possessions russes sur les confins de l'Inde et de la Chine. In-8 avec carte et beaucoup d'illustrations.

BREWSTER (D.). *Memoirs of the life...* Mémoires de la vie de J. Newton, ses écrits et ses découvertes. 2e édition. In-12.

Rev. W.B. CLARKE. *Southern gold fields* .. Les gîtes aurifères du Sud : Sydney, Nouvelle-Galles du Sud, Reading et Willbank.

D. K. CLARKE. *Recent practice...* Progrès récents dans la construction des machines locomotives en Angleterre et en Amérique. Grand in-4.

## ALLEMAGNE.

*Allgemeine encyklopädie der...* Encyclopédie générale des sciences et des arts, par ordre alphabétique, publiée par J.-S. Ersch et J.-G.-F. Grüber. — Leipzig, 1860. In-4. 471 p.

ZUCHOLD et (E.). AMAND. *Bibliotheca photographica...* Bibliothèque photographique. Index des publications concernant la photographie et les arts et les sciences qui s'y rattachent, depuis l'invention du daguerréotype jusqu'au commencement de 1860. — Leipzig, 1860. In-8. VIII-26 p.

BECKER (W.-A.). *Praktische Anleitung zur...* Instruction pratique sur l'emploi des ciments dans les constructions agricoles et industrielles. — Berlin. 1860. Fol.

*Die Eisenbanhbauten bei Kehl...* Les constructions du chemin de fer près de Kehl, pont sur le Rhin, gare, etc. Dessinées d'après les matériaux fournis par la direction Grand-ducale des ponts et chaussées, par les élèves du 3e cours de l'école des ingénieurs badois. — Carlsruhe.

FRAAS (C.). *Buch der natur für...* Le livre de la nature pour les agriculteurs. — München, 1860. In-8.

HARSTEIN (E.). *Fortschritte in der englishen...* Progrès de l'agriculture en Angleterre et en Écosse. Emploi de la vapeur en agriculture. — Bonn, 1860. 200 p.

*Sächsische Industrie. — Zeitung...* Gazette de l'industrie pour la Saxe. — Chemnitz, 1860. In-4.

MEYER (J.-G.). *Der rationelle Pflanzenbau...* La culture raisonnée des plantes. — Erlangen, 1860. In-8. XXVIII-376 p.

FILLY (C.). *Die Ernährungsverhalnisse...* La nutrition des plantes considérée au point de vue agricole. — Weimar, In-8. 228 p.

PUSCHEL (A.). *Kurzgefasste-Forst-Encyklopädie...* Encyclopédie sommaire pour les forêts. Manuel avec tables, mesures d'angles, planimètres pour les forestiers, les géomètres, les propriétaires des forêts. — Leipzig, 1860. In-8. XII-561 p.

ERICHSON (W.-F.). *Naturgeschiche der...* Histoire naturelle des insectes de l'Allemagne. — Berlin, 1860. VI-553-791 p.

LEONHARD (G.). *Grundzüge der mineralogie..*, Éléments demi-

néralogie. 2[e] édit. avec gravures sur bois dans le texte. — Leipzig. In-8. VIII-416 p.

SCHINER (J.-R.). *Fauna austriaca...* Faune de l'Autriche — Wien, 1860. In-8. XXXVI-1-72 p.

*Sitzungsberichte der kaiserl...* Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Vienne. — Wien, 1860. In-8.

WIEBE (F.-K.-H.). *Die lehre von den...* L'étude des machines simples. Avec atlas et beaucoup de planches dans le texte. — Berlin, 1858-60. In-8. XV-353-569 p.

*Briefe über Alexander...* Lettres sur le cosmos d'Alexandre de Humboldt. Commentaire de cet ouvrage publié par Bernhard von Cotta, J. Schaller, W.-C. Wittner et H. Girard. — Leipzig, 1860. In-8. Waigel.

FRITSCH (A.). *Naturgeschichte der Vogel...* Histoire naturelle des oiseaux d'Europe. — Prag, 1859. Fol.

KOLBE (H.). *Ausfrichrlicher lehrbuch...* Manuel de chimie organique. — Braunsweig, 1860. In-8. 1-192 p.

MACK (L.). Goniométrie et trigonométrie, avec 56 planches sur bois intercalés dans le texte. — Stuttgart, 1860. In-8. VI-218 p.

*Ueber den Erzdistriet...* Sur le district minier de Kœnigsberg, par T. Kjerulf, et Tellef Dahll (cartes, profils et 3 planches). Traduction allemande de W. Christophersen. — Christiania, 1860. In-4. 19 p.

*Der Bau des Hauenstein-tunnels...* Construction du tunnel de Hauenstein, dans le chemin de fer du centre de la Suisse. — Basel, 1860. Fol. II. 19 p.

FUNKE. *Zeichaungen des Artillerie. - Materials...* Dessins du matériel d'artillerie de la marine royale de Prusse. D'après les progrès les plus récents. — Berlin, 1860. Fol.

GENTELE (J.-G.). *Lehrbuch der Farben Fabrikation...* Manuel de la fabrication des couleurs, donnant la préparation, l'analyse, l'emploi de toutes les couleurs répandues dans le commerce ; à l'usage des fabricants de couleurs, des chimistes, des technologistes. — Braunschweig, 1860. In-8. XV-351 p.

HAGER (H.). *Volständige Anleitung zur...* Préparation des eaux minérales artificielles, comprenant la description des machines et des appareils qui sont nécessaires. Avec un grand nombre de planches dans le texte. — Lissa, 1860. In-8. IV-96 p.

*Handworterbuch der neuesten...* Manuel des progrès les plus nouveaux de l'industrie. Supplément aux dictionnaires et

aux manuels de technologie. D'après les découvertes les plus récentes de l'Allemagne et de l'étranger. — Leipzig, 1860. In-8. I-80 p.

NÖRDLINGER (H.). *Die technischen eigenschaften*... Propriétés techniques des bois à l'usage des employés des forêts, des architectes, des technologistes, des industriels. — Stuttgart, 1860. In-8. XVI-551 p.

*Zeichnungen von Brucken aus*... Dessins de ponts en fer, collectés par les élèves des ponts de l'école polytechnique de Hanovre. — Hanover, 1859. in-4. 7 p.

*Zeitschrift für Fotografie*, . Bulletin de la photographie et de la stéréoscopie. — Wien, 1860. In-8.

HARTMANN (C ). *Jahresbericht über die*... Compte rendu sur les progrès de l'art des élèves en 1859, ou résumé systématique de l'état actuel du procédé pour la recherche, l'exploitation, le traitement des combustibles. des minerais, du sel gemme, et des autres minéraux utiles, comprenant la préparation mécanique des minerais et des combustibles. — Leipzig, 1860. In-8. X-463 p.

BOEDEKER (C.). *Die Beziehungen*... Les rapports entre la densité et la composition des substances solides et liquides. Un supplément aux manuels de chimie et de minéralogie. — Leipzig, 1860. In-8. III-155 p.

BÖKLEN (O.). *Analytische geometrie*... Géométrie analytique de l'espace, contenant la théorie générale des surfaces courbes; les propriétés des surfaces homo-focales du 2e degré. — Stuttgart, 1861. In-8. IV-216 p.

BRONN (H.-G.). *Die Klassen und Ordnungen*... Les classes et les ordres du règne animal classés scientifiquement; avec figures sur pierres. 2 vol. Rayonnés : Actinozoaires. — Leipzig, 1860. In-8. 337-384 p.

KLEFFEL (L.-C.). *Handbuch der pratischen*... Manuel de photographie pratique. Traité complet pour la pratique de cet art, tenu au courant des perfectionnements les plus récents. Stéréoscopie. — Berlin, 1860. In-8. X-372 p.

GMELIN (L). *Handbuch der Chimie*... Manuel de chimie (suite) publié avec la collaboration de plusieurs chimistes, par K. Krantz. — Heidelberg, 1860. In-8. 193-472 p.

REINICKE (F.). *Beiträge zur neuern*... Documents sur la microscopie nouvelle : I. Le mouvement des oscillaires particulièrement des Spirulines. II. La préparation de tranches minces de

dents, d'os, de coquilles, III. Mélanges. — Dresden, 1860. In-8. VI-85 p.

SCHWARZ (H.). *Die Chemie und Industrie...* La chimie et l'industrie de notre temps ou les secrets les plus importants des fabrications chimiques d'après l'état actuel de la science. — Breslau, 1860. In-8. 325-595 p.

FINK (C.). *Sammlung von Zeichnungen...* Collection de machines; portefeuille destiné aux écoles de constructions, d'art, d'industrie, ainsi qu'aux ingénieurs et aux architectes. — Berlin, 1860. Fol.

KLUGE (K.-E.). *Handbuch der Edelsteinkunde für...* Manuel des pierres précieuses à l'usage des minéralogistes et des joailliers. — Leipzig, 1860. In-8. XVIII-561 p.

LEO (W.). *Das gesammte torfwesen...* L'industrie de la tourbe d'après les recherches et les procédés les plus récents. — Quedlinburg, 1860. In-8. VIII-137 p.

*Sammlung eiserner Brucken...* Collection de ponts en fer construits sur les chemins de l'association des chemins de fer allemands. Publié par la rédaction de la *Gazette des chemins de fer*. — Stuttgart, 1860. Fol. 46 p.

WOLPERT (A.), *Principien der Ventilation und...* Principes de ventilation à l'usage des architectes et des constructeurs. — Braunschweig, 1860. In-8. XII-320 p.

*Berichte über die Verhandlungen...* Comptes rendus des publications de la Société royale des sciences de Leipzig. — Leipzig, 1860. In-8. I-174 p.

*Monatsberichte der konigl...* Compte rendu mensuel de l'Académie des sciences de Berlin. — Berlin, 1860. In-8. 365-489 p.

*Sitzungsberichte der königlich...* Compte rendu des séances de l'Académie des sciences de Munich. — München, 1860. In-8. 168 p.

BAER (W.). *Die Chemie des pratischen...* La chimie de la vie pratique. Exposition populaire de l'étude de la chimie dans ses rapports avec l'industrie, l'agriculture, l'économie domestique, etc. — Leipzig, 1859-60. In-8. VIII.

BURMEISTER (H.). *Zoologischer...* Atlas zoologique. — Berlin, 1860. In-4. 121-160 p.

FRAAS (O.). *Die nutzbaren Mineralien...* Les minéraux utiles du Wurtemberg. — Stuttgart, 1860. In-8. VIII-208 p.

*Handworterbuch der reinen und...* Manuel de chimie pure et appliquée; publié d'après J. Liebig, J.-C. Poggendorff et

## OUVRAGES LATINS.

REICHENBACH (H.-G.-L.). und H. (G.). Iconographia botanica. Tomus XXIX. Decas 16-19. Icones floræ germanicæ et helveticæ simul terrarum adjacentium ergo mediæ Europæ. Tomus XIX. Decas 16-19. — Leipzig, 1860. Abel. In-4. 16 p.

SCHIMPER (W.-P.). Icones morphologicæ atque organographicæ introductionem synopsi muscorum europæorum præmissam illustrantes. Ad naturam vivam delineavit et explicavit autor. Tabulæ lapidi incisæ XI. — Stuttgart. 1860. In-4. 26 p.

Iconographia familiarum naturalium regni vegetabilis. — Bonn, 1860. In-4. 52 p.

Nova acta regiæ societatis scientiarum upsaliensis. Seriei tertiæ. Vol. II fasc. 1858. In-4. 257 405, XXVII-18 p.

Genera plantarum floræ germanicæ iconibus et descriptionibus illustrata. Opus a Th. Esenbeck inchoatum, F.-C.-L. Spenner et Aloys. Putterbek adjuvante. Saint-Enderher et G.-W. Bischoff nunc conjunctis studiis plurium auctorum persecutum. Fasc. XXXI. — Bonn, 1860. In-8. 50 p.

KÜTZING (F.-T.). Tabulæ phycologicæ. — Nordhausen, 1860. In-8. 1-24 p.

KOERBER (G.-W.). Parerga lichenologica. — Breslau, 1860. In-8. 97-192 p.

# ANNALES
# DES MINES.

---

## EXTRAITS
## DES TRAVAUX DU BUREAU D'ESSAI.

ANNÉE 1859 (*).

Par M. L. MOISSENET, ingénieur des mines.

---

Parmi les nombreux échantillons annuellement analysés au bureau d'essai de l'École des mines, sur la demande soit des administrations publiques, soit des particuliers, il en est plusieurs qui méritent sans doute une mention dans les *Annales des mines*. En première ligne figureraient les séries d'échantillons judicieusement choisis par les directeurs de mines ou d'usines; mais les analyses faites sur ces envois devant très-probablement trouver leur place dans l'exposé de travaux d'ensemble, je me bornerai ici à reproduire celles de quelques substances intéressantes isolément et à divers titres.

---

(*) Le personnel du bureau d'essai comprend:
MM. Rivot, directeur du laboratoire, chef:
Moissenet, ingénieur chargé des essais;
Delvaux, attaché au bureau d'essai;
Rioux, aide;
Lebaigue, *id.*

### ÉCHANTILLONS RECUEILLIS DANS LE CORNWALL.

1° *Fonte altérée des pompes de la mine Great Perran Saint-Georges.* — Les mines du district de Saint-Agnes, particulièrement celles qui sont ouvertes dans l'espace compris entre le Beacon et Perran Porth, sont très-aquifères.

Cette bande de terrain doit être considérée comme imprégnée par les eaux; la nature des schistes métallifères tendres et presque blancs, l'aspect des matières d'un grand nombre des filons, à la fois caverneuses et pénétrées d'empreintes de cristaux ultérieurement redissous, montre que l'abondance actuelle des eaux n'est que la prolongation d'un phénomène fort ancien. L'épuisement est une des lourdes charges des exploitations et d'autant plus que les eaux, par suite de leur acidité, rongent promptement les tuyaux des pompes et les chaudières des machines à vapeur.

La mine de cuivre de Great Perran Saint-Georges venait d'être abandonnée en août 1857: les pompes avaient été démontées et retirées des puits pour être mises en vente.

Une porte de chapelle se trouvait particulièrement altérée, et il me fut facile de détacher au marteau de la face interne, des écailles d'un aspect terreux et de couleur brune. Cette matière ne ressemblait plus du tout à la fonte; elle ne contenait plus de fer métallique.

J'y ai dosé sur 100 parties :

| | |
|---|---|
| Peroxyde de fer | 44,33 |
| Oxyde de cuivre | 1,00 |
| Oxyde de nickel | 1,00 |
| Oxyde de plomb | 0,40 |
| Oxyde de zinc | 6,00 |
| Chaux | 1,00 |
| Silice et un peu d'argile | 20,00 |
| *A reporter* | 73,73 |

| | |
|---|---|
| *Report.* . . . . . . | 73,73 |
| Charbon à l'état de graphite . . . . . . . | 16,00 |
| Soufre . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3,70 |
| Acide sulfurique. . . . . . . . . . . . . . | 1,40 |
| | 94,83 |

Une partie des métaux dosés comme oxydes sont à l'état de sulfures, combinés avec les 3,7 p. 100 de soufre ; le complément à 100 est de l'eau, dont la proportion n'a pas été déterminée. Les chiffres de l'analyse sont faciles à interpréter, aussi ne ferai-je que quelques observations.

Le graphite, en proportion élevée, est un des résidus de l'oxydation de la fonte, par suite, en quelque sorte, de l'imitation naturelle du procédé de dosage du carbone dans les fontes, indiqué par M. Berthier. La silice correspond très-probablement à une partie du silicium du métal altéré. Les proportions de ces deux corps, comparées à celle de l'oxyde de fer, montreraient au besoin qu'une partie du métal primitif a été dissoute par la précipitation des dissolutions métalliques ; les métaux étrangers, en présence de l'air fréquemment renouvelé dans la chapelle, et des eaux légèrement acides, se sont presque entièrement oxydés. La petite quantité de cuivre en regard avec celle notable de zinc est digne de remarque; quant au nickel, sa présence mérite l'attention, car je ne sache pas que les minerais de ce métal aient été reconnus dans les travaux. Il semble qu'on pourrait voir, dans cette action prolongée de dissolutions métalliques *très-étendues* sur une substance qui a fixé une partie de leurs éléments, un fait comparable à la formation des dépôts d'eaux minérales, où l'on arrive souvent à doser facilement des principes tels que l'arsenic et le phosphore ; lesquels cependant n'existent dans les eaux elles-mêmes qu'en traces à peine sensibles.

2° *Grès cuprifère formé par la réaction des eaux d'anciennes haldes sur les sables de Perran.* — A côté de Great Perran Saint-Georges, au sud et à l'est, ont été ouvertes diverses mines de cuivre qui, en 1858, étaient abandonnées depuis plusieurs années. Les anciennes haldes forment sur les flancs des collines des tas considérables de matières renfermant une proportion sensible de sulfures métalliques. Les eaux de surface, lorsqu'elles ont traversé de pareils amas, sont plus ou moins chargées de sulfates des métaux contenus, et, arrivant dans la vallée au contact de sables calcaires, elles donnent lieu à une réaction dont le produit utile est un minerai de cuivre carbonaté vert. Les parties quartzeuses du sable sont assez fortement agrégées par le ciment d'hydrocarbonate de cuivre, pour former sur divers points un véritable grès cuprifère. L'exploitation en est faite par quelques *tributors*, pour le compte du duché de Cornwall; elle consiste à creuser de petites tranchées de 2 à 3 pieds de profondeur, et à trier au marteau les parties les plus colorées. Le minerai préparé rend en moyenne 4 à 5 p. 100 de cuivre; les fragments riches atteignent une teneur beaucoup plus élevée.

L'analyse d'un morceau d'une belle couleur verte m'a donné :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Partie soluble dans l'eau. | Cuivre | tr. | 5,0 |
| | Fer | tr. | |
| | Chaux | 2,0 | |
| | Acide sulfurique | 3,0 | |
| Partie attaquable par l'acide chlorhydrique. | Oxyde de cuivre | 31,0 | 36,5 |
| | Oxyde de fer et alumine | 3,5 | |
| | Chaux | 2,0 | |
| | Magnésie | tr. | |
| Résidu insoluble : Sable quartzeux | | | 40,0 |
| Acide carbonique, eau et matières organiques | | | 16,0 |
| | | | 97,5 |

Ce qui correspond à une teneur p. 100, de 24,8 de cuivre.

En prenant pour formule du composé $(CuO)^2CO^2$, HO, la proportion d'hydrocarbonate est de 43,05.

Je me bornerai à faire remarquer que dans l'échantillon le carbonate de chaux a presque entièrement disparu, et que l'oxyde de fer s'y trouve en quantité très-faible eu égard à la proportion de sulfate de fer probablement contenue par les eaux. Ce dernier fait me paraît devoir être rapporté à deux causes : 1° à l'abandon du fer à l'état de sous-sulfate et de peroxyde pendant le trajet des eaux des tas au fond de la vallée; 2° au dégagement d'acide carbonique et à la formation de bicarbonate de protoxyde de fer soluble, qui a dû accompagner la naissance du carbonate bibasique de cuivre.

La précipitation des eaux des mines par la chaux a lieu accidentellement dans d'autres circonstances. Sur l'atelier de Stray-Park, près Camborne, la démolition d'anciens bâtiments montrait dans le mortier des fondations des matières vertes tout à fait analogues au grès de Perran. Cependant on n'a point cherché jusqu'ici, dans le Cornwall à produire régulièrement cette réaction. Peut-être serait-il possible de le faire avec bénéfice dans plusieurs localités où les haldes anciennes, produites par des méthodes de préparation mécanique imparfaites, contiennent une quantité *absolue* de cuivre très-considérable : le réactif indiqué par la nature serait évidemment le sable calcaire des dunes, fort abondant sur la côte nord.

3° *Sable calcaire des dunes de Perran.* — Un échantillon de sable recueilli au bord de la route qui monte du pont de Perran. au voisinage duquel s'exploite le grès cuivreux, à la mine de Budnick, m'a donné à l'analyse :

| | |
|---|---|
| Sable quartzeux et un peu d'argile | 39,20 |
| Peroxyde de fer | 2,00 |
| Chaux | 31.00 |
| Acide phosphorique | 1,10 |
| Acide carbonique, eau et matières organiques. | 26,66 |
| Sel marin | trac. sensibles. |
| | 99.96 |

Ce sable est fin, composé de grains gris, rouges et blancs; l'élément calcaire est essentiellement dû aux débris de coquilles; on y rencontre de nombreuses coquilles terrestres du genre hélix assez nettement conservées. La description géologique des gisements de sable en divers points de la côte nord du Cornwall serait ici déplacée. Cependant l'importance du rôle de ces sables dans l'agriculture est considérable. M. de la Bêche estimait, en 1839, à plus de 150.000 mètres cubes la quantité annuellement transportée par les diverses voies de communication, vers l'intérieur du comté. L'influence utile des débris organiques et du sel marin a été signalée par divers auteurs anglais; la proportion moyenne du calcaire paraît être de 60 à 64 p. 100. Je ne sache pas que la présence du phosphate de chaux indiquée par l'analyse précédente dans les sables de Perran ait été reconnue dans le Cornwall.

4° *Échantillons de poudres de mines.* — La poudre consommée par les mines est fabriquée par plusieurs usines dans le Cornwall et le Devonshire; les échantillons suivants nous sont parvenus par M. Higman de Saint-Austell (1).

(1) L'unité de mesure pour les poudres est la tonne de 2.000 lbs. avoirdupois; le quintal de poudre est de 100 lbs.; la tonne ordinaire étant au contraire de 2.240 lbs. partagée en 20 quintaux de 112 lbs. Le prix de la poudre de mine varie entre des limites fort écartées, savoir : £ 50 à £ 75 par tonne; le chiffre le plus élevé est anormal; celui de £ 60, déjà fort, correspond à environ 165 francs par 100 kilogrammes.

S. C. Poudre de mine ordinaire.

S. C. B. Qualité dite *glazed*, les grains sont recouverts par une pellicule de plombagine.

F. et FFF. Poudres employées dans les étoupilles de sûreté, *safety fuses*.

L'analyse a donné la même composition pour les qualités S.C. et S.C.B. d'une part, et pour F. et FFF. de l'autre. Le soufre a été dosé par le procédé potasse et chlore.

| | S.C. | F. |
|---|---|---|
| Soufre | 14,5 | 13,5 |
| Charbon | 19,0 | 18,0 |
| Salpêtre | 66,5 | 68.5 |
| | 100,0 | 100,0 |

Le salpêtre renferme 0,56 p. 100 de chlorure de potassium ; le reste est du nitre.

Les poudres SC et SCB sont en gros grains très-irréguliers, de 3 à 4 millimètres de côté; les grains de F ont 1 1/2 millimètres; ceux de FFF sont plus petits. Le poids d'un litre, non tassé, est pour les diverses qualités :

| | | |
|---|---|---|
| S. C. B. . . . . | 1.057 | grammes = poids de 1 litre. |
| S. C. . . . . | 1.000 | — |
| F. . . . . . | 979 | — |
| FFF. . . . . | 903 | — |

ÉCHANTILLONS D'EAUX MINÉRALES.

1° *Échantillons d'eau minérale et dépôts des eaux de Royat, arrondissement de Clermont-Ferrand, adressés par* M. Nivet, *médecin inspecteur*.

N° 1. Eau.

N° 2. Dépôt extrait de la chaudière à vapeur, qui alimente les salles d'aspiration.

N° 3. Dépôt recueilli dans les canaux qui reçoivent le trop-plein de la source.

N° 1. *Eau.* — On a dosé par litre d'eau :

| | gr. |
|---|---|
| Résidu fixe . . . . . . . . . . . . . . . . | 3,80 |
| Silice . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,0845 |
| Oxyde de fer et alumine. . . . . . . . | 0,0328 |
| Chaux . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,3936 |
| Magnésie. . . . . . . . . . . . . . . . | 0,2460 |
| Soude. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,3657 |
| Potasse. . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,0283 |
| Acide chlorhydrique . . . . . . . . . . | 1,0980 |
| Acide sulfurique . . . . . . . . . . . . | 0,1176 |
| Acide carbonique . . . . . . . . . . . | 2,4590 |
| Acide phosphorique . . . . . . . . . . | tr. |
| Iode . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | tr. |
| Matières organiques . . . . . . . . . . | tr. |
| Total par litre : grammes. . . . . . | 5,8255 |

N°s 2 et 3. *Dépôts.*

| | n° 2. | n° 3. |
|---|---|---|
| Silice . . . . . . . . . . . . . . | 4,40 | 19,00 |
| Oxyde de fer . . . . . . . . . . | 2,00 | 46,90 |
| Alumine. . . . . . . . . . . . . | | 4,10 |
| Chaux. . . . . . . . . . . . . . | 32,00 | 20,00 |
| Magnésie. . . . . . . . . . . . | 16,72 | 2,00 |
| Soude . . . . . . . . . . . . . . | 3,05 | 1,35 |
| Potasse. . . . . . . . . . . . . | | 0,15 |
| Acide chlorhydrique . . . . . | tr. | tr. |
| Acide carbonique. . . . . . . | 36,00 | 7,15 |
| Acide phosphorique. . . . . . | tr. | 0,15 |
| Arsenic. . . . . . . . . . . . . | » | 0,005 |
| Iode. . . . . . . . . . . . . . . | tr. | tr. |
| Eau hygrométrique. . . . . . | 2,30 | » |
| Eau combinée et perte. . . . | 3,53 | » |
| | 100,00 | 100,805 |

[illegible] *Eaux minérales et dépôts des sources de Sylranès (canton de Camarès, arrondissement de Saint-Affrique, Aveyron), adressés par* M. Carayère-Montjoie.

| | |
|---|---|
| N° 1. Source des Moines. | A. Eaux. |
| N° 2. Source des Petites-Baignoires. | B. Dépôts correspondants. |
| N° 3. Source des Petites-Eaux. | |
| N° 4. Source des Bains-Nouveaux. | |

A. *Eaux.*

| | n° 1. | n° 2. | n° 3. | n° 4. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Résidu fixe par litre d'eau. | 0,640 | 0,665 | 0,695 | 0,685 |
| Silice | 0,0275 | 0,0350 | 0,0400 | 0,0400 |
| Alumine et traces de fer. | 0,0300 | 0,0750 | 0,0200 | 0,0200 |
| Chaux | 0,1400 | 0,1525 | 0,1550 | 0,1550 |
| Magnésie | 0,0080 | 0,0050 | 0,0475 | 0,0275 |
| Soude | 0,1625 | 0,1720 | 0,1930 | 0,2105 |
| Acide chlorhydrique | 0,1644 | 0,1644 | 0,1644 | 0,1644 |
| Acide sulfurique | 0,0600 | 0,0610 | 0,0215 | 0,0225 |
| Acide carbonique | 0,4810 | 0,4600 | 0,5040 | 0,4900 |
| Total par litre : gr. | 1,0734 | 1,1249 | 1,1454 | 1,1299 |

B. *Dépôts.*

| | n° 1. | n° 2. | n° 3. | n° 4. |
|---|---|---|---|---|
| Sable et argile | 33,00 | 40,00 | 33,00 | 27,00 |
| Oxyde de fer | 23,50 | 25,00 | 34,50 | 42,00 |
| Chaux | 18,00 | 10,00 | 8,00 | 4,75 |
| Magnésie | 1,75 | 1,50 | 1,60 | 1,40 |
| Alcalis | tr. | tr. | tr. | tr. |
| Acide carbonique, eau, matières organiques | 23,25 | 22,50 | 22,50 | 24,50 |
| Arsenic | traces sensibles non dosables. | | | |
| | 99,50 | 99,00 | 99,60 | 99,65 |

3° *Eau minérale d'Andabre, près Camarès (Aveyron), adressée par* M. Bouhoure.

| | gr. |
|---|---|
| Résidu fixe par litre | 5,22 |
| Silice | 0,0150 |
| Chaux | 0,2750 |
| Magnésie | 0,0787 |
| Soude | 1,2096 |
| Acide sulfurique | 0,4463 |
| Acide chlorhydrique | 0,1030 |
| Acide carbonique | 2,7090 |
| Matières organiques | tr. |
| Total par litre : grammes | 4,8366 |

4° *Eaux minérales de Contrexeville (Vosges), adressées par ordre de* S. Exc. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. — Il a été

fait deux envois : le premier, comprenant les nos 1, 2 et 3, a eu lieu en mars ; le second, comprenant les nos 4, 5 et 6, en mai 1859.

N° 1. Puits du Docteur Baud.
N°. 2. Puits Davignon.
N° 3. Source du Vair.
N° 4. Source des Bains.
N° 5. Source du Pavillon.
N° 6. Source du Quai.

| | n° 1. | n° 2. | n° 3 | n° 4. | n° 5. | n° 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Résidu fixe par litre.. | 1,97 | 1,15 | 0,22 | 2,14 | 2,58 | 1,98 |
| Silice. . . . . . . . . | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Oxyde de fer. . . . . | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Chaux. . . . . . . . . | 0,60 | 0,30 | 0,08 | 0,74 | 0,99 | 0,76 |
| Magnésie . . . . . . | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,04 | 0,05 |
| Soude . . . . . . . . . | 0,22 | 0,15 | tr. | 0,31 | 0,32 | 0,08 |
| Acide chlorhydrique. | tr. | tr. | tr. | tr. | tr. | tr. |
| Acide sulfurique. . . | 0,90 | 0,45 | tr. | 1,00 | 1,10 | 1,01 |
| Acide carbonique . . | 0,13 | (non | dosé) | 0,38 | 0,34 | 0,30 |
| Total par litre : gr. | 2,10 | » | » | 2,51 | 2,83 | 2,23 |

5° *Eaux minérales et dépôt de Vittel, près Contrexeville (Vosges), adressées par* M. Bouloumié.

N° 1. Source Marie.
N° 2. Source des Demoiselles.
N° 3. Grande-Source.
N° 4. Dépôt.

| | n° 1. | n° 2. | n° 3. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. |
| Résidu par litre. . . . . . | 1,50 | 1,36 | 1,26 |
| Silice. . . . . . . . . . . | 0,02 | 0.02 | 0,01 |
| Oxyde de fer et alumine. | tr. | tr. | tr. |
| Chaux. . . . . . . . . . . | 0,46 | 0,46 | 0,49 |
| Magnésie . . . . . . . . . | 0,08 | 0,05 | 0,08 |
| Soude. . . . . . . . . . . | 0,19 | 0,18 | 0,16 |
| Acide chlorhydrique . . . | 0,16 | 0,13 | 0,11 |
| Acide sulfurique . . . . . | 0,58 | 0,44 | 0,31 |
| Acide carbonique. . . . . | 0,34 | 0,26 | 0,32 |
| Total par litre. . . | 1,83 | 1,58 | 1,48 |

N° 4. *Dépôt.*

| | gr. |
|---|---|
| Peroxyde de fer et alumine | 55,33 |
| Manganèse | traces notables. |
| Chaux | 12,60 |
| Magnésie | 3,03 |
| Silice | 4,66 |
| Acide carbonique | 12,57 |
| Matières organiques et eau hygrométrique | 11,43 |
| | 99,62 |

6° *Eaux de Plombières, adressées par M. l'ingénieur des mines* Jutier.

N° 1. Source des Dames.
N° 2. Source ferrugineuse.
N° 3. Dépôt de la source ferrugineuse.

| | n° 1. gr. | n° 2. gr. |
|---|---|---|
| Résidu fixe par litre | 0,2514 | 0,550 |
| Silice | 0,0610 | 0,1000 |
| Oxyde de fer | tr. | tr. |
| Alumine | 0,0075 | 0,1433 |
| Chaux | 0,0150 | 0,1166 |
| Magnésie | 0,0075 | 0,0200 |
| Soude | 0,0820 | 0,0326 |
| Potasse | 0,0045 | 0,0173 |
| Acide chlorhydrique | 0,0079 | 0,0077 |
| Acide sulfurique | 0,0498 | 0,2498 |
| Acide carbonique { libre, et des bicarbonates | 0,0265 | 0,0646 |
| Acide carbonique { des carbonates neutres | 0,0301 | 0,0490 |
| Total par litre | 0,2918 | 0,6009 |

N° 3. — *Dépôt ferrugineux.*

| | |
|---|---|
| Sable | 18,35 |
| Argile | 49,39 |
| Peroxyde de fer | 28,26 |
| Chaux | 0,40 |
| Magnésie | 0,68 |
| Soude | 0,53 |
| Potasse | 0,51 |
| | 98,12 |

ÉCHANTILLON D'ENGRAIS ET DE MATIÈRES PROPOSÉES POUR L'AMENDEMENT.

1° *Échantillon de Guano, remis par* M. OZANNE, *comme provenant de Rattahia.* — On a dosé sur 100 parties, azote : 7,56, et déterminé 45,33 de cendres. L'analyse des cendres a donné sur 100 parties :

| | |
|---|---|
| Résidu sable, silice et argile | 20,50 |
| Alumine | 31,60 |
| Oxyde de fer | tr. |
| Chaux | 12,50 |
| Magnésie | 11,50 |
| Alcalis | 9,30 |
| Acide phosphorique | 13,70 |
| | 99,10 |

2° *Cendres de tourbes, adressées par* M. PIÉRARD, *ingénieur en chef des mines.* — La tourbe, avant l'incinération, renfermait une très-forte proportion de sable granitique, qui se trouve concentré dans la cendre.

On a dosé sur 100 parties :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Partie soluble dans l'eau. | Acide sulfurique | 0,45 | | 1,00 |
| | Acide chlorhydrique | tr. | | |
| | Alcalis | 0,25 | | |
| | Chaux combinée | 0,14 | 0,30 | |
| | Chaux libre | 0,16 | | |
| Partie attaquée par les acides et la potasse. | Silice | 26,00 | | 40,60 |
| | Alumine | 8,00 | | |
| | Peroxyde de fer | 5,00 | | |
| | Chaux | 1,00 | | |
| | Magnésie | 0,60 | | |
| Sable granitique, fragments de feldspath | | | | 51,00 |
| Eau et traces d'acide carbonique | | | | 7,00 |
| Acide phosphorique (par recherche spéciale) | | | | 0,16 |
| | | | | 99,76 |

3° *Résidu de distillation de schistes bitumineux de Buxières-la-Grue (Allier) ; échantillon adressé par* M. FAUCHER. — On a dosé sur 100 parties :

| | |
|---|---|
| Azote | 0,31 |

L'analyse a donné :

| | |
|---|---|
| Argile et un peu de sable. . . . . | 73,60 |
| Oxyde de fer et alumine. . . . . | 11,00 |
| Acide phosphorique . . . . . . . | 0,82 |
| Matières organiques . . . . . . . | 14,00 |
| | 99,42 |

4° *Échantillons de marnes, remis à* M. E. DE BEAUMONT *par* M. LORTRET.

| | | |
|---|---|---|
| Nos 1 et 2. Laran . . . . . . . . . . . . | (Htes-Pyrénées). | Terrain de craie. |
| N° 3. Les Barraquets, près Lammizan. | *Idem.* | |
| N° 4. Orignac, près de Bagnères-de-Bigorre. . . . . . . . . . . . . | *Idem.* | |
| N° 5. Ossun, près de Tarbes. . . . . | *Idem.* | T. nummulitique. |
| Nos 6 et 7. Dépôt lacustre de Sansan. | Gers. | T. miocène. |

| | n° 1. | n° 2. | n° 3. | n° 4. | n° 5. | n° 6. | n° 7. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Argile et sable. . | 43,0 | 42,0 | 40,0 | 42,0 | 63,0 | 73,0 | 73,0 |
| Oxyde de fer et alumine. . . . | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 5,0 | 8,0 | 8,0 |
| Chaux. . . . . . . | 28,0 | 28,0 | 30,0 | 28,0 | 12,0 | 6,0 | 8,0 |
| Magnésie . . . . | tr. | » | tr. | tr. | 1,0 | tr. | tr. |
| Acide phosphorique. . . . . | » | » | » | 0,95 | 0,95 | » | tr. |
| Acide carbonique et eau . . | 26,0 | 27,0 | 27,0 | 26,0 | 18,0 | 13,0 | 10,0 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,95 | 99,95 | 100,0 | 99,0 |

ÉCHANTILLONS DIVERS.

1° *Or et sable aurifère de l'établissement de Kéniéba (Sénégal), adressés par* S. EXC. M. le MINISTRE DE L'ALGÉRIE ET DES COLONIES.

N° 1. Or fondu et forgé.
N° 2. Or lavé.
N° 3. Sable ferrugineux aurifère.

L'échantillon d'or fondu et forgé pesait 1g,700 ; il renferme sur 1,00 partie :

| | n° 1. |
|---|---|
| Or. | 0,9333 |
| Argent. | 0,0662 |
| | 0,9995 |

L'or provenant de lavage contient encore une proportion notable de minéraux du fer, auxquels il est associé dans le gisement. On a dosé :

| | n° 2. |
|---|---|
| Or. | 0,861 |
| Argent. | 0,062 |
| Fer oligiste, fer oxydulé et fer titané. | 0,075 |
| | 0,998 |

N° 3. — L'échantillon de sable renferme des grains de minéraux silicatés, mais il est essentiellement formé de fer oligiste ; il contient 6 p. 100 de fer oxydulé magnétique ; on y a constaté la présence du fer titané et dosé 1,0 p. 100 d'acide titanique.

L'essai pour or et argent a donné 400 grammes de métaux précieux à la tonne (1000 kilog.) de sable.

L'envoi comprenait aussi des fragments de quartz avec or, engagé dans la gangue, et des argiles supposées aurifères.

Le débourbage des argiles a laissé un résidu de quartz en fragments à arêtes vives, de schistes micacés profondément altérés, et de débris de roches ferrugineuses.

Un des résidus, préalablement pulvérisé, a donné par lavage de la pyrite de fer cristallisée et finement disséminée. L'essai pour or a été négatif.

2° *Échantillon de minerai de cuivre du Chili, dit de Corocoro.* — Le minerai est essentiellement formé de cuivre natif ; il contient un peu de cuivre carbonaté ; il présente l'aspect d'un sable de couleur brune.

On a dosé :

| | |
|---|---|
| Cuivre | 67,50 |
| Fer | 0,50 |
| Chaux | 0,60 |
| Guangue quartzeuse | 26,40 |
| Eau, acide carbonique et oxygène. | 5,00 |
| | 100,00 |

3° *Échantillons de nickel métallique, remis par* M. Ch. Fay, *comme provenant* : A, du duché de Nassau; B, de la Hongrie.

Le métal est sous la forme de petits cubes d'environ 0m,01 de côté; A est cassant, la cassure est blanche, il ne contient pas d'arsenic; B est peu cassant, gris clair, il renferme de l'arsenic.

On a dosé sur 100 parties :

| | A. | B. |
|---|---|---|
| Nickel | 93,57 | 96,25 |
| Cobalt | 0,97 | 0,32 |
| Fer | 1,75 | 1,75 |
| Soufre | 2,05 | 0,69 |
| Silicium | 1,31 | 0,47 |
| | 99,65 | 99,48 |

4° *Fragment d'un creuset de plombagine fabriqué à Londres par la compagnie dite : Patent Plumbago crucibles Co.* Battersea Works.

| | |
|---|---|
| Eau hygrométrique | 2,00 |
| Carbone | 52,60 |
| Cendres | 45,40 |
| | 100,00 |

L'analyse des cendres a donné sur 100 parties :

| | |
|---|---|
| Silice et un peu de sable fin | 68,00 |
| Alumine | 31,00 |
| Oxyde de fer | 0,50 |
| Chaux | tr. |
| | 99,50 |

5° ***Échantillon de houille de Ronchamp, adressé par*** **MM. Dolfus, Mieg *et compagnie.*** — L'échantillon a été remis pulvérisé, et comme représentant une moyenne des houilles employées à des expériences de vaporisation.

L'essai comme combustible a donné :

| | |
|---|---|
| Matières volatiles | 25,6 |
| Carbone fixe | 71,0 |
| Cendres | 3,4 |
| | 100,0 |

Soit 74,4 de coke, brillant et aggloméré.

L'analyse élémentaire a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone | 88,0 |
| Hydrogène | 5,1 |
| Oxygène | 2,0 |
| Azote | 1,1 |
| Eau hygrométrique | 0,4 |
| Cendres siliceuses | 3,4 |
| | 100,0 |

6° ***Échantillon de sulfate de soude naturel, adressé par*** **M. Biderman.** — Le sel forme une veinule dans le gypse de Saint-Rambert (Ain); il est nettement cristallisé et s'effleurit rapidement.

On a dosé :

| | |
|---|---|
| Soude | 20,0 |
| Magnésie | 0,7 |
| Acide sulfurique | 26,0 |
| Acide chlorhydrique | tr. |
| Eau | 53,5 |
| | 100,0 |

Cette composition correspond à très-peu près à la formule $SO^3NaO, 10HO$; dans laquelle les 10 équivalents d'eau constituent 56 p. 100 du sel.

7° *Échantillon de carbonate de soude, remis par* M. SCHLOESING, *et résultant de sa fabrication* (1).

On a dosé sur 1000 parties :

| | |
|---|---|
| Acide sulfurique | 0,6 |
| Acide chlorhydrique | 2,0 |
| Alumine et oxyde de fer | 0,6 |
| Chaux | 2,0 |
| Magnésie | 2,0 |
| Poussières de bois et sable | 0,5 |
| | 7,7 |

L'insuffisance des matières n'a point permis de séparer l'alumine et l'oxyde de fer.

L'absence de la potasse a été constatée.

Desséché vers 100 degrés, le sel perd 1,5 p. 100 de son poids.

Chauffé au rouge, il perd 2,0.

(1) Le procédé de fabrication de M. Schlœsing est bien connu ; il suffira de rappeler qu'il est fondé sur la réaction du bicarbonate d'ammoniaque avec le chlorure de sodium.

# EXTRAITS DE CHIMIE.

(TRAVAUX DE 1859.)

Par M. L. MOISSENET, ingénieur des mines.

## 1° *Note sur un nouveau minerai de vanadium*; par M. H. SAINTE-CLAIRE-DEVILLE.

(*Comptes rendus de l'Académie*, 2e semestre, page 210.)

Entre Arles et Toulon, il existe des gisements très-étendus et très-abondants d'un minerai de fer dont l'exploitation a été abandonnée à cause de la proportion considérable d'alumine qu'il contient. Minerai des Baux.

Deux échantillons pris dans la commune des Baux ont donné à M. Berthier (n° 1) et à M. Deville (n° 2) les nombres suivants :

| | n° 1. |
|---|---|
| Alumine | 52,0 |
| Oxyde de fer | 27,6 |
| Eau | 20,4 |
| | 100,0 |

Traces de chrome.

| | n° 2. |
|---|---|
| Calcaire cristallisé | 12,7 |
| Oxyde de fer | 34,9 |
| Alumine, etc. | 30,3 |
| Eau | 22,1 |
| | 100,0 |

M. Deville a rencontré en outre, dans l'échantillon qu'il a examiné, de la silice, de l'acide phosphorique (au moyen de nitrate cérique), du titane? et enfin des quantités notables de vanadium.

Le procédé d'extraction du vanadium est très-simple. On enlève le calcaire par l'acide chlorhydrique faible ; on pulvérise le résidu et on le mélange intimement avec de la soude caustique dissoute dans un peu d'eau ; on calcine au rouge Extraction du vanadium.

sombre dans une bassine en fonte; on traite par l'eau bouillante. Dans la lessive filtrée, on fait passer un excès d'hydrogène sulfuré qui précipite d'abord l'alumine, puis colore lentement la dissolution en rouge foncé, en y produisant un sulfovanadate de soude. La liqueur, filtrée et traitée par l'acide sulfurique ou l'acide acétique, laisse déposer à l'ébullition du sulfure brun de vanadium. Celui-ci, grillé au rouge, donne de l'acide vanadique fondu.

---

## 2° *Sur la présence du vanadium dans l'argile de Gentilly;* par M. P. Beauvallet.

(*Comptes rendus de l'Académie*, 2e semestre, page 301.)

M. Beauvallet a extrait le vanadium de pots à fleurs fournis au muséum et fabriqués avec l'argile de Gentilly.

On fait bouillir l'argile cuite concassée avec 3 p. 100 de carbonate de soude et une quantité d'eau suffisante. On filtre; la liqueur contient la presque totalité de l'acide vanadique, et en outre de l'alumine et de la silice. On sursature par l'acide sulfurique, puis par l'ammoniaque, et l'on ajoute du sulfhydrate d'ammoniaque. Après digestion, on filtre pour séparer le précipité d'alumine et de silice. La liqueur filtrée contient du sulfovanadate d'ammoniaque; on y verse un excès d'acide acétique, on porte à l'ébullition; le précipité de sulfure de vanadium obtenu est transformé par grillage en acide vanadique.

Un autre procédé peut être employé pour extraire le vanadium de la solution sodique. On fait bouillir avec un excès de chlorhydrate d'ammoniaque; on filtre pour séparer la silice et l'alumine, et dans la liqueur on verse une dissolution de tannin qui détermine la formation d'un volumineux précipité de tannate vanadique d'un beau bleu noir. Grillé à l'air, ce tannate laisse un résidu d'acide vanadique (1).

---

(1) M. Elie de Beaumont observe que le minerai des Baux, et l'argile de Gentilly appartiennent aux *Terrains tertiaires*, et signale ce fait nouveau et remarquable : l'existence du vanadium dans des terrains récents déjà constatée sur deux points aussi éloignés que Gentilly et les Baux.

3° *Mémoire sur la réduction des chlorures de barium, de strontium et de calcium par le sodium; alliage de ces métaux;* par M. H. CARON.

(*Comptes rendus de l'Académie*, 1er semestre, page 440.)

On prépare d'abord des alliages de sodium avec différents métaux, tels que le plomb, l'étain, le bismuth, l'antimoine, etc.; pour que ces alliages soient maniables, il ne faut guère y introduire plus du tiers de leur poids de sodium.

Pour réduire un des chlorures, barium, strontium ou calcium, il suffit de le faire fondre dans un creuset ordinaire, et lorsqu'il est parfaitement liquide, d'y ajouter un des alliages de sodium. On chauffe encore quelques instants pour rassembler le métal, puis on retire du feu. Il faut, bien entendu, mettre dans le creuset assez de chlorure pour qu'il se trouve en excès par rapport au sodium employé.

On obtient un culot métallique et cristallin dont l'aspect varie avec la nature des métaux alliés; convenablement préparés, ces alliages ne contiennent plus que des traces de sodium. Voici l'analyse de trois alliages :

| Plomb et calcium. | |
|---|---|
| Calcium | 17,10 |
| Plomb | 81,10 |
| Sodium | 0,32 |
| Silicium et étain | 0,52 |
| Magnésium | 0,38 |
| Perte | 0,58 |
| | 100,00 |

| Antimoine et calcium. | |
|---|---|
| Calcium | 7,60 |
| Antimoine p. diff. | 92,40 |
| | 100,00 |

| Bismuth et barium. | |
|---|---|
| Barium | 28,00 |
| Bismuth p. diff. | 72,00 |
| | 100,00 |

Tous ces alliages s'oxydent rapidement à l'air et décomposent l'eau très-vivement lorsqu'ils contiennent plus de 5 p. 100 de métal alcalin; ils laissent alors le métal étranger non attaqué à l'état de poussière noire.

Il est possible aussi d'obtenir ces alliages en une seule opération et sans avoir besoin de sodium.

Il suffira, par exemple, pour avoir un alliage d'étain et de barium, de faire un mélange intime de carbonate de soude, de charbon, de chlorure de barium et d'étain en poussière, et de chauffer jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs de sodium. On comprend facilement la réaction : le carbonate de

soude et le charbon produisent du sodium qui s'allie à l'étain et réduit le chlorure de barium.

---

### 4° *Préparation du sesquichlorure de chrome*; par M. WOEHLER.

(*Chem. centralbl.*, 1859, n° 36, page 563.)

M. Wœhler prépare le sesquichlorure de chrome dans un appareil dont l'ingénieuse disposition mérite d'être signalée. Les matières employées sont : l'oxyde de chrome et le charbon pulvérisé; on en fait une pâte au moyen d'empois d'amidon; la pâte est mise en boulettes qui sont desséchées, puis calcinées dans un creuset couvert; elles sont alors prêtes à subir l'action du chlore.

pareil. On perce au fond d'un creuset un trou dans lequel pénètre un tube de porcelaine de petit diamètre.

Le tube est luté de manière que son extrémité dépasse très-peu le fond; on le protége contre toute obstruction, en le recouvrant d'un petit creuset ou d'une capsule.

Les boulettes sont chargées; puis, sur le grand creuset, on en lutte un autre dans le fond duquel une petite ouverture a été faite pour permettre le dégagement de l'oxyde de carbone lors de la réaction.

L'appareil ainsi disposé est placé sur la grille du fourneau; le tube de porcelaine qui la traverse est relié à la source du chlore. Lorsqu'on juge l'appareil rempli par le gaz, on chauffe le creuset inférieur; le dégagement de chlore doit être maintenu jusqu'à complet refroidissement. Le chlorure de chrome est recueilli dans le creuset supérieur, où il s'est condensé. Ce chlorure renferme ordinairement un peu de chlorure d'aluminium, facile à enlever par lavage à l'eau.

---

### 5° *Séparation du bismuth et du plomb*; par M. A. PATERA.

(Dingler. *Pol. J.*, tome CLIII, page 423.)

A Joachimstal, le minerai de plomb contient une faible quantité de bismuth qui se concentre dans le plomb d'œuvre.

Lors de la coupellation, il se forme vers la fin une litharge verte, très-riche en bismuth. On la recueille à part, on la réduit et on coupelle l'alliage plomb et bismuth. Il reste du bismuth que l'on porte dans un autre fourneau, où on le chauffe jusqu'à ce que le phénomène de l'éclair ait lieu.

Dans un essai en grand, 50 quintaux de litharge verte furent réduits : l'alliage tenait 34,5 bismuth et 65,5 plomb. Le bismuth extrait ne renfermait plus que des traces de plomb et de fer, et 0,42 p. 100 d'argent. On obtint 8,5 quintaux de bismuth, c'est-à-dire 80 p. 100 du métal mis en œuvre.

---

### 6° *Sur le sulfate de baryte;* par M. J. Pelouze.

(*Comptes rendus de l'Académie*, 1er semestre, page 771.)

Un certain nombre de fabricants de produits chimiques préparent le sulfate de baryte, connu sous le nom de *blanc de baryte*, en traitant le carbonate naturel par l'acide chlorhydrique et précipitant la dissolution qui en résulte par l'acide sulfurique ; l'acide chlorhydrique est régénéré.

M. Pelouze a trouvé qu'on pouvait obtenir un blanc de baryte semblable, en traitant directement par l'acide sulfurique faible le carbonate, sans qu'il soit nécessaire de le pulvériser. Il suffit d'ajouter une très-petite quantité d'acide chlorhydrique, par exemple 3 ou 4 centièmes, au mélange d'eau et d'acide sulfurique, et de maintenir à une douce ébullition.

L'auteur avait pensé que le marbre serait attaqué encore plus facilement par les mêmes réactifs; mais l'expérience a trompé son attente.

---

### 7° *De l'action de l'air sur le mélange de sulfure de calcium et de carbonate de potasse ou de soude;* par M. J. Pelouze.

(*Comptes rendus de l'Académie*, 768.)

Lorsqu'on chauffe à l'air à la température du rouge sombre et même à partir de 200° ou 300°, la soude brute artificielle, le titre alcalimétrique de la soude diminue rapidement; en même temps il y a augmentation de poids.

« Le sulfure de calcium, que la soude brute contient à l'état d'oxysulfure, fixe de l'oxygène, et se sulfatise sous la double influence de l'air et de la chaleur.

» Lorsqu'on vient à traiter par l'eau la soude brute ainsi grillée, il y a, entre le carbonate de soude et le sulfate de chaux, un échange de bases et d'acides, d'où résultent du sulfate de soude et du carbonate de chaux. »

Cette décomposition montre la nécessité de *dessécher à l'abri de l'air* les carbonates alcalins dont on veut connaître le titre exact, lorsque ces sels sont mêlés à des sulfures terreux.

---

8° *Sur quelques modifications dans la méthode d'analyse de l'air par absorption;* par MM. Ch. SAINTE-CLAIRE-DEVILLE et L. GRANDEAU.

(*Comptes rendus de l'Académie*, 1er semestre, page 1103.)

L'oxygène était, dans les expériences de M. Brunner, absorbé par le phosphore. A ce réactif. MM. Dumas et Boussingault ont substitué avec avantage le cuivre métallique préparé dans certaines conditions, et chauffé au rouge dans un tube de verre, où le vide pouvait être fait à volonté.

**Emploi du protoxyde de manganèse.**

On a utilisé de la même manière, et concurremment avec ce réactif, le protoxyde de manganèse que sa grande oxydabilité, et surtout le poids relativement considérable d'oxygène que sa porosité lui permet d'absorber, rendent précieux en pareil cas; on peut d'ailleurs se le procurer en abondance en réduisant par l'hydrogène le peroxyde naturel, soigneusement trié, ou l'oxalate artificiel pur et préalablement calciné.

Il y a là à se prémunir contre l'entraînement de petites quantités de vapeur d'eau, lesquelles résultent vraisemblablement, d'après la remarque de M. Melsens, de la condensation par le réactif très-divisé d'une portion de l'hydrogène employé à le réduire.

---

9° *De la formation du sulfate aluminique anhydre et d'un nouveau procédé industriel pour la fabrication de l'alun*; par M. J. Persoz.

(*Annales de chimie et de physique*, tome LVI, page 102.)

M. Persoz, en se fondant d'une part sur la grande analogie que présentent les composés oxydés de l'aluminium, du chrome et du fer; de l'autre sur l'existence reconnue du sulfate de chrome et du sulfate de fer anhydres, a pensé qu'il pourrait préparer le sulfate d'alumine anhydre dans des conditions analogues à celles où les précédents sulfates prennent naissance.

Il a reconnu que lorsqu'on traite par un grand excès d'acide sulfurique concentré et bouillant, soit l'alun, soit le sulfate, le chlorure, ou le nitrate d'alumine, en un mot un composé d'alumine immédiatement attaquable par l'acide sulfurique, il se produit bientôt en abondance du sulfate d'alumine anhydre, sous forme d'une poudre blanche d'aspect farineux, un peu plus dense que l'acide sulfurique.

Cette poudre peut être lavée par décantation et reçue sur un filtre; elle est douce au toucher, sans saveur ni odeur, sans action sur les papiers colorés. L'analyse a montré que c'était bien le sulfate neutre et anhydre: $Al^2 O^3, 3 SO^3$.

Mise dans l'eau et portée à l'ébullition, elle se dissout entièrement en s'hydratant; la liqueur rougit alors le tournesol. Si on l'évapore à consistance sirupeuse et qu'on ajoute un peu d'alcool nitrifié, elle abandonne des cristaux bien définis de sulfate d'alumine hydraté.

Comme application, M. Persoz indique la décomposition de la kryolite par l'acide sulfurique concentré.

On obtient de l'acide fluorhydrique, du bisulfate de soude et du sulfate d'alumine anhydre. Ce dernier sel peut être hydraté par l'eau bouillante, et, par l'addition de sulfate de potasse ou d'ammoniaque, former l'alun correspondant.

---

10° *Faits pour servir à l'histoire du chlorure de zinc*, par M. J. PERSOZ.

( Note communiquée à la Société philomatique; et *Journal de pharmacie*, tome XXXV, page 417.)

De la note de M. Persoz, nous nous bornerons à reproduire les conclusions principales :

1° On n'arrive pas à distiller du chlorure de zinc en calcinant un mélange de sulfate de zinc et de chlorure de sodium.

2° On réussit, au contraire, parfaitement en employant un mélange à équivalents égaux de *sulfate de zinc* et de *chlorure de calcium*.

3° La volatilisation du chlorure de zinc formé n'est jamais complète par une simple distillation.



11° *Sur l'utilisation du sulfate de zinc des piles et sur le traitement de la blende par voie humide*, par M. L. KESSLER.

( *Journal de pharmacie*, tome XXXVI, page 274.)

M. Kessler a réussi par la voie humide à produire entre le sulfate de zinc et le chlorure de sodium, la double décomposition que M. Persoz n'avait pas pu réaliser par la voie sèche.

La réaction qui correspond à un déplacement complet de l'acide sulfurique et qui est représentée par :

$$SO^3ZnO + NaCl = SO^3NaO + ZnCl$$

ne peut être obtenue qu'avec des dissolutions convenablement étendues, l'addition de 1/4 à 1/3 d'équivalent de sel marin en plus, enfin une température de 0°, ou inférieure à 0°.

Dans ces conditions, on recueille le sulfate de soude cristallisé, et l'eau mère contenant chlorure de zinc et excès de chlorure de sodium.

Faute de recourir à une basse température, on aurait des réactions différentes. Lorsqu'on mélange les deux sels à équivalents égaux et qu'on les chauffe avec une quantité d'eau suffisante pour les dissoudre, on obtient par refroidissement au-dessus de 10°, la moitié du sulfate de soude cristallisé, qui correspondrait à la formule simple ci-dessus ; et on ne peut en

séparer davantage. Le produit de l'évaporation successive des eaux mères, ne consiste plus qu'en un sulfate double de soude et de zinc dont les cristaux s'obtiennent très-durs et très-nets, et en une liqueur incristallisable, formée par la dissolution de chlorure de zinc. Le sulfate double étant fort peu soluble dans ce chlorure concentré, peut en être séparé.

M. Kessler indique comme moyen de procéder, rapide et industriel, de mêler les deux sels réduits en poudre et en proportion voulue, dans une petite quantité d'eau à 0°. Leur réaction abaissera encore la température ; le sulfate de soude formé, on soumettra la masse à un déplacement méthodique.

Le chlorure de zinc obtenu est associé à du chlorure de sodium ; l'auteur pense qu'il n'en est pas moins propre aux divers usages de l'industrie. il montre comment on peut purifier la dissolution du fer qu'elle contient, en précipiter par la chaux de l'oxyde de zinc pur, enfin retirer des eaux de lavage, l'excès de sel marin employé. Il voit comme résultat de ses essais :

L'emploi illimité du sulfate de zinc obtenu dans le travail des piles, pour la production du sulfate de soude et du chlorure de zinc ou du zinc ;

Une méthode particulière de traitement de la blende.

Nous ne le suivrons pas dans ses appréciations.

---

12. *Sur la préparation industrielle du vermillon d'antimoine*, par M. E. Kopp.

*Tiré d'un rapport de M. Salvétat à la société d'encouragement. — Bulletin de la Société*, page 603.)

La fabrication du vermillon d'antimoine, par M. Kopp, est fondée sur la réaction de l'hyposulfite de chaux sur le chlorure d'antimoine.

*Préparation du chlorure d'antimoine.* — Le sulfure est grillé ; l'oxyde produit est dissous dans l'acide chlorhydrique. Le grillage peut donner des matières autres que l'oxyde, qui ne sont pas dissoutes ; le résidu obtenu est alors fondu avec du sulfure brut, pour former du verre d'antimoine, facilement attaqué par l'acide.

*Préparation de l'hyposulfite de chaux.* — Ce sel se prépare très-économiquement en faisant réagir, sur le polysulfure de calcium, l'acide sulfureux produit soit par le grillage du sulfure d'antimoine, soit par la combustion du soufre ou par la calcination des pyrites. Le polysulfure est préparé en faisant bouillir de la fleur de soufre dans un lait de chaux ; on peut y ajouter de l'oxysulfure de calcium, résidu de la lixiviation de la soude brute artificielle.

La réaction de l'acide sulfureux sur ces matières est facilitée par la chaleur ; dès que le liquide est devenu légèrement acide, on le conduit dans un réservoir où il se neutralise généralement de lui-même, par le fait de la présence d'une petite quantité d'oxysulfure en suspension. Il faut que la liqueur d'hyposulfite soit neutre, si ; malgré le repos, elle restait acide, on y ajouterait un peu de sulfure de calcium.

On la laisse déposer pour la tirer à clair.

*Préparation du vermillon.* — Les cuves en bois de 20 à 30 hectolitres de capacité, où l'on prépare le vermillon peuvent être chauffées, au moment voulu, par un serpentin recevant la vapeur d'un générateur qui fonctionne sous deux à trois atmosphères de pression. La première cuve est remplie aux 7/8 d'hyposulfite ; on y verse deux à trois litres à la fois de solution de chlorure d'antimoine ; il se forme un précipité blanc qui se redissout immédiatement ; on agite pour obtenir la dissolution complète de ce premier dépôt ; l'hyposulfite de chaux doit rester en léger excès.

Quand le liquide est devenu clair, la vapeur d'eau est admise dans le serpentin et la température portée à 50°, 60 et même 70°. La liqueur se colore successivement en jaune paille, jaune citron, jaune orange et enfin en rouge orangé très-vif. On arrête le courant de vapeur, on remue doucement le liquide, la réaction se termine et la couleur atteint son maximum d'intensité.

Si l'on continuait à élever la température, on passerait par toutes les nuances intermédiaires entre le rouge orangé et le noir brunâtre.

Le dépôt terminé, on soutire la liqueur claire de chlorure de calcium, chargée d'acide sulfureux et on la conduit sur du sulfure de calcium et de l'oxysulfure, de manière à produire de nouvel hyposulfite.

Les eaux mères servent jusqu'à vingt ou trente fois, après quoi elles sont trop chargées de chlorure de calcium.

Le vermillon est écoulé sur un filtre en toile, lavé et séché au-dessous de 60°.

Il est assez peu altérable au contact des acides étendus, mais les alcalis caustiques l'attaquent plus ou moins énergiquement. A 100° il se transforme en sulfure noir; il se mélange très-bien avec la céruse, qu'il ne noircit pas, même après quelques années. Ce sera comme couleur à l'huile que le vermillon d'antimoine pourra trouver ses plus prochaines applications.

---

13° *Sur une variété de l'oxyde de Chrôme*, par M. GUIGNET.

(Tiré du *Répertoire de chimie*, par M. Barreswil, page 198; et d'un Rapport de M. Salvétat. Société d'encouragement, page 321.)

On calcine à 500° dans un four à réverbère un mélange de trois parties acide borique et une partie de bichromate de potasse, fait avec une certaine quantité d'eau.

Il se dégage de l'eau, de l'oxygène; il se produit un borate double d'oxyde de chrome et de potasse. Ce borate résiste à la température de l'opération; mais, lorsqu'on vient à reprendre les matières par l'eau, il se décompose en borate acide de potasse soluble et sesquioxyde de chrôme qui s'hydrate, et dont la composition correspond à la formule $Cr^2O^3,2HO$.

Cet oxyde est ensuite broyé sous l'eau et donne un très-beau vert émeraude. Les eaux de lavage sont évaporées et traitées par l'acide chlorhydrique, de manière à régénérer de l'acide borique.

---

14° *Sur un nouveau vert de chrôme*, par M. ARNAUDON.

(*Répertoire de chimie*, page 201.)

On prend à peu près parties égales de bichromate de potasse et de phosphate d'ammoniaque neutre cristallisé, ce qui représente sensiblement leurs équivalents : soit 128 phosph. et 149 bichrom. On les mélange intimement en les dissolvant dans le moins d'eau possible à l'ébullition et évaporant jusqu'à consistance de bouillie peu épaisse, de façon que la matière

prenne en masse solide par le refroidissement. Cette masse, concassée en petits morceaux, est introduite dans un vase à fond plat et chauffée au bain d'huile jusqu'à 180°. On soutient le feu une demi-heure sans dépasser 200°. Il se dégage de l'eau et un peu d'ammoniaque. Quand la masse est devenue verte, on arrête l'opération, on lave à l'eau chaude, et on obtient pour résidu une poudre verte impalpable. La composition de ce vert n'est point encore déterminée; M. Arnaudon y a constaté une notable proportion d'*acide phopshorique*.

---

15° *Sur le blanchiment*, par MM. FIRMIN-DIDOT et BARRUEL.

(*Répertoire de chimie*, page 457.)

Le blanchiment de la pâte à papier par le chlorure de chaux est activé par l'*intervention de l'acide carbonique*.

Le gaz acide carbonique est introduit au sein du liquide qui contient le chlorure et la matière à blanchir; il déplace l'acide hypochloreux.

Le générateur d'acide carbonique peut être un foyer; les gaz de la combustion sont dans ce cas purifiés; ils traversent trois réservoirs laveurs en partie remplis d'eau, un réfrigérant et un épurateur, pourvu intérieurement de claies en osier, garnies de laine et de mousse humide où s'arrêtent les poussières. Au-delà de cet épurateur est une pompe aspirante et foulante, qui après avoir déterminé le passage des gaz dans les précédents appareils, les refoulent à travers un dernier laveur, dans un tube *nourricier*. De ce tube partent des tuyaux munis de robinets; chacun d'eux communique avec des espèces de serpentins percés de trous et placés au fond des cuves de blanchiment.

L'acide carbonique est ainsi distribué selon les besoins, de la même manière qu'on distribue la vapeur d'eau.

---

16° *Analyses de monnaies chinoises*, par M. A. GENTH.

(*Journal of the Franklin institute*, tome XXXVI, page 261.)

M. A. Genth a analysé un certain nombre de monnaies chinoises de l'espèce dite tschen; ces monnaies sont moulées, elles

ont au centre un trou carré où l'on passe un cordon pour les réunir en chapelet; leur valeur est d'environ 0 fr. 02.

Les monnaies 5, 7 et 9 sont de l'espèce appelée patec ou patèques.

| | n° 1. | n° 2. | n° 3. | n° 4. | n° 5. | n° 6. | n° 7. | n° 8. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cuivre . . . . | 63,94 | 60,97 | 55,53 | 59,14 | 59,983 | 60,19 | 59,88 | 51,20 |
| Étain. . . . . | 2,29 | 0,05 | 0,33 | 2,71 | 1,204 | 1,81 | 7,90 | 4,81 |
| Plomb. . . . . | 6,02 | 1,56 | 1,03 | 3,40 | 3,997 | 5,83 | 31,42 | 42,25 |
| Zinc . . . . . | 26,24 | 35,05 | 32,74 | 29,62 | 32,114 | 31,57 | 0,59 | tr. |
| Fer. . . . . . | 1,35 | 2,37 | 2,38 | 4,83 | 2,102 | 1,34 | 0,38 | 1,36 |
| Cobalt . . . . | tr. | tr. | » | tr. | » | » | » | 0,23 |
| Nickel . . . . | » | » | 0,54 | 0,17 | 0,552 | » | 0,18 | tr. |
| Argent . . . . | » | tr. | » | tr. | 0,068 | » | tr. | 0,03 |
| Arsenic. . . . | » | » | 3,44 | » | tr. | » | tr. | » |
| Antimoine . . | » | » | 3,21 | » | » | » | tr. | » |
| | 99,84 | 100,00 | 99,20 | 99,87 | 100,20 | 100,74 | 100,32 | 99,88 |

N° 1. Jaune de bronze pâle, cassure récente grisâtre, très-cassant, grain fin.

N° 2. Couleur analogue, alliage non homogène, grain moyennement fin.

N° 3. Jaune bronzé, grain fin, peu altérable à l'air. Densité: 8,497.

N° 4. Couleur et grain analogues, facilement altérable, cassant.

N° 5. Couleur bronzée, cassure grisâtre. Densité: 8,552.

N° 6. Couleur bronzée au dehors et dans la cassure. Densité: 8,166.

N° 7. Matière non homogène formée d'un alliage gris et d'un alliage rouge rempli de petites cavités, cassant, facile à entamer au couteau. Densité: 8,517.

N° 8. Analogue au précédent. Densité: 9,000.

---

17° *Sur la dureté des métaux et des alliages*, par MM. F. Crace Calvert et Richard Johnson.

(*Mémoires de la Société lit. et phil. de Manchester*, vol. XV.)

Le principe sur lequel les auteurs ont fondé leurs expériences est la résistance à la pénétration. Le corps pénétrant est un

poinçon d'acier, en forme de pyramide, de 7 millimètres de long sur 5 millimètres de large à la base; la largeur est réduite à 1,25 millimètre à l'extrémité qui s'appuie sur le métal. Dans chaque expérience on s'arrangeait de manière à obtenir une pénétration de 3, 5 millimètres, dans un espace de temps d'une demi-heure; ce qui était obtenu pour les diverses matières sous l'action d'une charge correspondante, progressivement ajoutée à l'extrémité d'un levier.

Les métaux examinés se sont rangés dans l'ordre suivant :

| | |
|---|---|
| Fonte grise, n° 3 à l'air froid, du Staffordshire. . | 1.000 |
| Acier . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 958? |
| Fer forgé fabriqué avec la fonte ci-dessus. . . . . | 948 |
| Platine . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 375 |
| Cuivre pur . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 301 |
| Aluminium . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 271 |
| Argent pur . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 208 |
| Zinc. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 183 |
| Or. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 167 |
| Cadmium . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 108 |
| Bismuth . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| Etain . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 27 |
| Plomb. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 16 |

*Alliages de cuivre et de zinc.*

| FORMULES. | COMPOSITION. | | DURETÉ COMPARÉE à celle de la fonte grise = 1.000. | |
|---|---|---|---|---|
| | Cuivre. | Zinc. | obtenue. | théorique (*). |
| $ZnCu^5$ . . . . . . . | 82,95 | 17,05 | 427,08 | 280,83 |
| — $Cu^4$ . . . . . . . | 79,56 | 20,44 | 468,75 | 276,82 |
| — $Cu^3$ . . . . . . . | 74,48 | 25,52 | 468,75 | 270,04 |
| — $Cu^2$ . . . . . . . | 66,06 | 33,94 | 472,92 | 261,04 |
| — Cu . . . . . . . . | 49,32 | 50,68 | 604,17 | 243,33 |
| $CuZn^2$ . . . . . . . | 32,74 | 67,26 | | |
| — $Zn^3$ . . . . . . . | Ces alliages se sont brisés avant d'avoir été pénétrés à 3,5 millimètres. | | | |
| — $Zn^4$ . . . . . . . | | | | |
| — $Zn^5$ . . . . . . . | | | | |

(*) La dureté théorique s'obtient en associant par le calcul les duretés respectives des métaux constituants, d'après la *règle* arithmétique dite *d'alliage*.

Il y a lieu de remarquer que les alliages contenant une forte proportion de cuivre sont beaucoup plus durs que les métaux

constituants, et surtout que cette dureté croît avec la proportion de zinc, métal le moins dur, pourvu toutefois que l'on ne dépasse pas la teneur de 50 p. 100 de zinc. L'alliage plus riche en zinc devient très-fragile.

L'alliage CuZn mérite une attention particulière; il doit certainement être considéré comme un composé chimique défini; il peut cristalliser en prismes d'un demi-pouce de largeur, extrêmement flexibles; sa couleur est aussi riche que celle d'un alliage à 90 p. 100 de cuivre.

La qualité de cet alliage, eu égard à son prix, est mise en évidence par les résultats d'expériences faites sur plusieurs laitons et alliages cuivre, zinc et étain du commerce.

*Alliages de cuivre et d'étain.*

| FORMULES. | COMPOSITION. | | DURETÉ | |
|---|---|---|---|---|
| | Cuivre. | Etain. | obtenue. | théorique. |
| $CuSn^5$ . . . . . . . . | 9,73 | 90,27 | 83,33 | 51,67 |
| — $Sn^4$ . . . . . . . . | 11,86 | 88,14 | 95,71 | 59,56 |
| — $Sn^3$ . . . . . . . . | 15,21 | 84,79 | 104,17 | 68,75 |
| — $Sn^2$ . . . . . . . . | 21,21 | 78,79 | 135,24 | 84,79 |
| — Sn . . . . . . . . | 34,98 | 65,02 | se sont brisés. | |
| $SnCu^2$ . . . . . . . . | » | » | se sont brisés. | |
| — $Cu^3$ . . . . . . . . | » | » | se sont brisés. | |
| — $Cu^4$ . . . . . . . . | » | » | se sont brisés. | |
| — $Cu^5$ . . . . . . . . | » | » | se sont brisés. | |
| — $Cu^{10}$ . . . . . . . . | 88,97 | 11,03 | 916,66 | 257,08 |
| — $Cu^{15}$ . . . . . . . . | 91,49 | 8,51 | 772,92 | 270,83 |
| — $Cu^{25}$ . . . . . . . . | 93,17 | 6,83 | 602,08 | 279,16 |

Les chiffres précédents font ressortir le peu de dureté des alliages à excès d'étain; on voit aussi que l'addition de cuivre, métal très-malléable, rend l'alliage cassant; ainsi $CuSn^2$ n'est pas cassant tandis que Cu Sn est fragile, quoique ne tenant que 14 p. 100 de plus de cuivre.

Les alliages suivants sont fragiles, jusqu'à $SnCu^{10}$, qui est presque aussi dur que le fer.

Les auteurs remarquant la dureté donnée au cuivre par l'association à ce métal du zinc ou de l'étain, ont cherché si les alliages zinc et étain présenteraient une dureté plus que théorique. Sept alliages préparés entre les limites $ZnSn^2$ et

Sn $Zn^{16}$ ont tous donné un résultat inverse ; c'est-à-dire que la dureté théorique l'emporte sur la dureté obtenue.

*Alliages de plomb et d'étain.*

| FORMULES. | COMPOSITION. | | DURETÉ | |
|---|---|---|---|---|
| | Plomb. | Étain. | obtenue. | théorique. |
| $PbSn^5$ | 26,13 | 73,97 | 41,67 | 23,96 |
| $Sn^4$ | 30,57 | 69,43 | 40,02 | 23,58 |
| $Sn^3$ | 36,99 | 63,01 | 32,33 | 22,83 |
| $Sn^2$ | 46,82 | 53,18 | 26,04 | 20,09 |
| Sn | 63,78 | 36,22 | 20,83 | 19,77 |
| $SnPb^2$ | 77,89 | 22,11 | 26,04 | 18,12 |
| $Pb^3$ | 84,09 | 15,91 | 28,12 | 17,33 |
| $Pb^4$ | 87,57 | 12,43 | 26,04 | 17,08 |
| $Pb^5$ | 89,80 | 10,20 | 22,92 | 16,77 |

# COMPTE RENDU

## DES TRAVAUX DU LABORATOIRE DE CHIMIE DE CLERMONT-FERRAND, DE 1856 A 1859 (1).

Par M. TOURNAIRE, ingénieur des mines.

---

### Minerais de plomb et argent.

Les filons qui renferment de la galène plus ou moins argentifère sont très-multipliées dans les montagnes granitiques ou gneissiques de la France centrale. Malheureusement, parmi ces filons, ceux qui sont riches ne sont qu'en petit nombre, et généralement ils présentent une grande irrégularité d'allure, et aux colonnes minérales succèdent de longs passages stériles ou très-pauvres.

Presque tous les essais suivants ont été faits par voie sèche, en fondant dans des creusets en terre une partie de minerai avec deux parties de carbonate de soude desséché et en ajoutant au mélange quelques clous en fer. On a généralement opéré sur 15 grammes de minerai. Les culots de plomb d'œuvre ont ensuite été coupellés.

Les résultats, donnés d'une manière uniforme pour chaque essai, indiquent les quantités de plomb d'œuvre et d'argent obtenues rapportées à 100 parties de minerai, et la proportion d'argent que renferme une partie du plomb d'œuvre.

---

1° *Schlamm retiré des boues ténues qui se déposent dans la grande rigole d'écoulement des eaux troubles de la laverie de Rosier* (concession de Roure, district de Pontgibaud).

Les parties superficielles de ce dépôt argileux, qui se trouvent à fleur d'eau et qui sont léchées par les petites vagues produites par le vent ou par les variations de vitesse du courant, prennent souvent une teinte bleuâtre, qui est due à une concentration des particules plombeuses et à un lavage naturel.

(1) Les travaux exécutés pendant la période 1856-58 n'ont pu, par suite de circonstances particulières, être publiés à leur date. C.

Le même effet s'observe, après chaque pluie, sur les boues qui proviennent du curage de la rigole. Aucune partie de ces boues n'est ramenée à la laverie, et la faible quantité de matières plombeuses qu'elles contiennent est perdue.

L'échantillon examiné, présentant une nuance légèrement bleuâtre, a été retiré de la surface des dépôts. A cause du peu de richesse de la matière, l'essai par voie sèche a été fait sur 50 grammes.

Il a donné pour 100 parties :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 5,25 | 0,0196 | 0,00373 |

Après digestion dans l'acide nitrique à une douce chaleur et filtration, la matière soumise à l'essai a perdu 8,3 p. 100 de son poids. Si l'on supposait que la partie dissoute fût uniquement de la galène et renfermât toute la galène, on en déduirait une teneur en plomb de 7,2 p. 100. Mais les boues des eaux troubles renferment aussi une certaine proportion de pyrite de fer; car, dans la liqueur nitrique filtrée, l'ammoniaque a fait naître un précipité fortement coloré en rouge.

---

### 2° *Galène de Chateldon.*

Près du bourg de Chateldon, qui est situé au nord-est du département du Puy-de-Dôme, et au pied de la chaîne des montagnes du Forez, affleure dans la roche granitique un filon où l'on a trouvé quelques fragments de galène et qui a jadis été un peu fouillé dans la vallée du Vauziron.

L'échantillon essayé, non recueilli sur le filon lui-même, mais donné par un cultivateur dont la maison est voisine, est un fragment de galène massive mêlée à une gangue argileuse blanchâtre. Il a produit à l'essai :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 40,7 | 0,0267 | 0,00066 |

---

### 3° *Galène du Chambon.*

Plusieurs filons, renfermant du quartz, de la baryte sulfatée et de la galène en noyaux et rognons massifs, se voient dans un ravin granitique, près du hameau de Voissière, commune du Chambon, à l'entrée de la gorge de Chandefour et sur le revers oriental du massif des montagnes du Mont-Dore.

Ces filons ont donné lieu, pendant les années 1856 et 1857, à des travaux de recherches assez importants, qui n'ont pas fait découvrir un gîte susceptible d'une exploitation profitable, bien qu'on y ait trouvé un assez bon nombre de rognons de galène. Cette galène, en morceaux massifs et à grandes lames, est généralement associée à la baryte sulfatée. Divers essais des minerais du Chambon sont mentionnés dans les précédents comptes rendus. Une nouvelle épreuve sur un fragment massif avec gangue barytique a donné :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 57,3 | 0,0034 | 0,00006 |

---

4° *Galène, avec pyrite de fer et gangue quartzeuse, donnée comme venant de la commune d'Orcival* (Puy-de-Dôme).

Le filon d'où l'échantillon devait provenir, selon le dire de la personne qui me l'a remis, a été postérieurement visité par moi. On ne voyait dans ce filon, sur lequel avait été fait un commencement de recherches, que quelques veinules d'antimoine sulfuré et point de galène, et il est fort probable que le morceau présenté a été pris sur les mines de la concession de Roure.

L'essai a donné :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 27,3 | 0,1147 | 0,00420 |

---

5° *Galène du filon de baryte sulfatée de la Bagatelle, commune de Salzuit* (arrondissement de Brioude, Haute-Loire).

On a exploité sur une vaste échelle ce filon, pour en extraire la baryte sulfatée. Il appartient au terrain gneissique et micaschisteux.

La baryte est associée au quartz, qui paraît devenir plus abondant à mesure qu'on pénètre plus loin des affleurements. On y trouve disséminés quelques petits cristaux de galène à facettes brillantes.

Un échantillon, pris parmi les plus riches en plomb, a donné :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 32,9 | 0,1668 | 0,00507 |

6° *Galène de la commune de Mazerat-Aurouze* (Haute-Loire).

Quelques fouilles superficielles ont été faites dans la commune de Mazerat-Aurouze, sur des filons à gangue de baryte sulfatée et de quartz, qui renferment de la galène disséminée. Ce gisement appartient au terrain gneissique.

Les essais consignés dans le tableau suivant indiquent, sauf le dernier, de très-fortes teneurs en argent.

| Nature du minerai. | Plomb d'œuvre obtenu pour 100 parties. | Argent trouvé pour 100 parties. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|---|
| Galène mêlée de blende noire | 50,3 | 0,2601 | 0,00517 |
| | 48,1 | 0,2862 | 0,00595 |
| Galène à facettes brillantes | 32,5 | 0,2665 | 0,00820 |
| | 32,7 | 0,2910 | 0,00890 |
| Galène très-fine | 24,7 | 0,0650 | 0,00263 |

---

7° *Galène en petits cristaux, dans une gangue de quartz, trouvée sur un affleurement de filon, dans un ravin au-dessous de la mine d'antimoine sulfuré de Freycenet* (limite des communes d'Ally et de Blassac, Haute-Loire).

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 15,2 | 0,0933 | 0,00614 |

---

8° *Galène de la commune et de la concession de Chazelles* (Haute-Loire).

Les filons explorés auprès de Chazelles ont tous été attaqués dans les profonds ravins de la rivière de Desges ou de ses affluents, et sont contenus dans les terrains gneissiques et micaschisteux.

Les échantillons essayés renferment de la galène à facettes assez larges, et ont pour gangue la baryte sulfatée, le quartz et le feldspath.

Deux essais ont donné :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 42,9 | 0,0300 | 0,00070 |
| 23,9 | 0,0366 | 0,00153 |

---

9° *Galène des environs de Monistrol-sur-Loire.*

Dans la partie du nord-est du département de la Haute-Loire, qui comprend les cantons de Monistrol, de Saint-Didier, de

bas en Basset, et qui est principalement formée de terrains granitiques, se voient des traces, considérables en quelques points, d'anciennes exploitations de minerai de plomb qui remontent au siècle dernier.

Parmi les débris qui sont restés accumulés près des anciennes fouilles, on trouve beaucoup de fragments de galène à grandes lames et à cristaux cubiques, beaucoup de blende brune et quelques petits cristaux de pyrite cuivreuse. La gangue est le quartz et le sulfate de baryte.

Voici les résultats de plusieurs essais faits sur ces minerais:

| Provenance du minerai. | Nature du minerai. | Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|---|---|
| Ravin au-dessous de Chanteloube (commune de Saint-Pal-de Mons. | Galène cubique, avec blende et points pyriteux; gangue de quartz et de baryte sulfatée. | 13,1 | 0,0033 | 0,00025 |
| La Borie (commune de Monistrol). | Galène cubique, blende brune et petits cristaux de pyrite cuivreuse; gangue quartzeuse. | 18,8 | 0,0100 | 0,00053 |
| Commune de Monistrol. | Galène cubique en grands et petits cristaux, gangue quartzeuse. | 47,4 | 0,0265 | 0,00056 |
| Id. . . . . . . . . | Galène cubique, gangue de baryte sulfatée. | 49,3 | 0,0069 | 0,00014 |
| Id. . . . . . . . . | Galène cubique et blende; gangue de baryte et de quartz. | 35,6 | 0,0036 | 0,00010 |
| Côte de la Fayette, dans les ravins de la rivière de Semaine (commune de Saint-Ferréol-d'Auroure). | Galène massive; gangue quartzeuse. | 51,5 | 0,0120 | 0.00024 |

---

10° *Minerai des environs de Molèdes* (Cantal).

Des échantillons renfermant, dans une gangue quartzeuse, de la galène en petits cristaux, de la blende en plus grande quantité et de la pyrite de fer ont été remis au laboratoire comme provenant des environs de Molèdes, village situé près des limites des départements du Cantal et du Puy-de-Dôme, sur le revers méridional des montagnes du Cézalier.

Ces échantillons ont été essayés pour plomb et argent.

On a obtenu sur deux prises d'essai :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 7,73 | 0,027 | 0,00350 |
| 13,7 | 0,057 | 0,00420 |

Un troisième essai, qui a été fait en grillant préalablement le minerai, et en le fondant avec un flux réductif et avec un clou en fer, a donné :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 14,6 | 0,073 | 0,00500 |

---

11° *Minerais de Magnac* (canton de Chaudesaigues, Cantal).

Des travaux de recherches ont été exécutés, en 1858 et 1859, sur des filons contenant de la galène et de la blende, auprès du village de Magnac et dans des ravins aboutissant à la rivière très-encaissée de Bès. Ces recherches ont conduit à la découverte d'une riche colonne de galène, sur laquelle un puits vertical a été creusé. On a aussi trouvé une masse de blende assez importante.

Ce gisement avait autrefois donné lieu à des fouilles dont les traces subsistent.

Il appartient aux terrains gneissiques et micaschisteux. Divers échantillons ont été essayés pour plomb et argent.

| Provenance des échantillons. | Nature des échantillons. | Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|---|---|
| Puits principal de recherches. | Galène massive à grandes faces, avec gangue quartzeuse. | 49,27 | 0,0327 | 0,00066 |
| | *Id.* | 51,87 | 0,0400 | 0,00077 |
| | *Id.* | 58,53 | 0,0453 | 0,00077 |
| Travaux voisins du puits principal. | Galène à grandes faces, avec un peu de blende et de pyrite de fer; gangue quartzeuse. | 25,83 | 0,0320 | 0,00124 |
| | Galène terne avec blende dans une gangue quartzeuse. | 16,53 | 0,0195 | 0,00118 |
| | Galène terne en quelques points ailleurs à faces brillantes, mêlée de blende et d'une très-petite quantité de pyrite de fer : gangue quartzeuse. | 18,80 | 0,0167 | 0,00089 |
| | Galène avec pyrite ; gangue quartzeuse. | 14,13 | 0,0100 | 0,00071 |
| | *Id.* | 29,33 | 0,0067 | 0,00023 |
| | Blende brune, avec galène : gangue quartzeuse. | 2,40 | 0,0013 | 0,00054 |
| Travaux anciens de l'ancienne mine de Magnac. | Galène massive à larges faces, très-peu de gangue quartzeuse. | 63,00 | 0,0300 | 0,00046 |
| | *Id.* | 64,33 | 0,0333 | 0,00052 |
| | Blende brune et galène à larges faces. | 35,33 | 0,0187 | 0,00053 |
| | *Id.* | 38,55 | 0,0193 | 0,00050 |

On a, en outre, recherché si la blende de Magnac est argentifère, en en fondant un fragment bien exempt de galène avec un mélange de litharge et de nitre, et en coupellant le culot de plomb obtenu. Le résultat de l'expérience a été négatif.

---

12° *Galène de Chappes* (commune de Ferrières, canton du Mayet-Montagne, département de l'Allier).

Le gisement de Chappes a donné lieu à des recherches en 1858, et les échantillons essayés ont été remis par l'explorateur. Ils renferment de la galène à lames grandes et brillantes dans une gangue formée de quartz et de chaux carbonatée cristallisée.

Trois prises d'essai ont donné :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 58,33 | 0,0367 | 0,00063 |
| 52,53 | 0,0350 | 0,00067 |
| 51,33 | 0,0330 | 0,00065 |

---

13° *Galène du filon d'Estreiture.*

Le filon d'Estreiture, sur lequel une galerie d'exploration a été ouverte, affleure sur la rive droite de la Dordogne, dans le département de la Corrèze, que cette rivière sépare en cet endroit du Puy-de-Dôme. La roche encaissante est le gneiss ou le micaschiste.

| Nature des échantillons essayés. | Plomb | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|---|
| Galène entièrement massive. . . . . . | 71,33 | 0,0173 | 0,00024 |
| Galène massive avec baryte sulfatée. | 60,50 | 0,0100 | 0,00017 |

---

14° *Galène des environs de Moutiers* (Savoie).

Cette galène est en cristaux petits et brillants, dans une gangue de quartz blanc.

Trois prises d'essai ont donné :

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 33,6 | 0,020 | 0,00060 |
| 24,0 | 0,035 | 0,00146 |
| 28,17 | 0,047 | 0,00167 |

---

15° *Fumées plombeuses condensées dans la grande galerie qui conduit à la cheminée générale les gaz des fourneaux de la fonderie de plomb et argent de Pontgibaud.*

Les essais ont été faits en fondant les substances plombeuses avec un flux composé de carbonate de soude mêlé à un douzième de charbon pulvérisé et avec un clou en fer.

Les résultats sont rapportés à 100 parties de fumée desséchée.

| Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| 70,29 | 0,0252 | 0,00036 |
| 73,52 | 0,0152 | 0,00021 |
| 73,83 | 0,0137 | 0,00019 |

Ces essais montrent que les fumées condensées ont une faible teneur en argent, tandis que les minerais traités à Pontgibaud, qui provenaient entièrement des mines des concessions de Roure et de Barbecot lorsque les échantillons ont été pris, avaient une forte teneur, et produisaient un plomb d'œuvre dont la richesse moyenne en argent devait au moins être estimée à 0,00350.

---

*Minerai de plomb, argent et cuivre de Banson* (Puy-de-Dôme).

Ces minerais, qui ont été l'objet de recherches assez importantes dans les ravins de la rivière de Miouze, au-dessous du village du Banson, se composent de galène argentifère, généralement disséminée en petits cristaux, et de pyrite cuivreuse. Leurs gangues sont le quartz, le feldspath et la baryte sulfatée.

Les filons appartiennent au terrain gneissique et se trouvent à peu près sur la direction prolongée des principaux filons exploités dans la concession de Roure.

Les échantillons ont été essayés par la voie humide et par la voie sèche. Nous rapporterons d'abord le résultat des essais de la première sorte.

1° La poudre porphyrisée provenant d'un échantillon riche qui contenait à la fois de la galène et de la pyrite de cuivre, a été traitée par l'acide nitrique concentrée. Une bonne partie du plomb est restée indissoute à l'état de sulfate avec la gangue. Ce résidu de l'attaque a été mis en digestion avec une dissolution de nitrate d'ammoniaque et lavé avec le même

réactif employé en grande quantité pour dissoudre le sulfate de plomb. Le lavage a été continué jusqu'à ce que l'eau passée sur le filtre ne se troublât point par l'hydrogène sulfuré, et le dépôt restant ayant été ensuite fondu avec du flux noir n'a produit aucun bouton plombeux. Le plomb dissout dans le nitrate d'ammoniaque a été précipité à l'état de sulfure par l'hydrogène sulfuré et dosé à l'état de sulfate. Le même réactif a précipité à la fois le cuivre et le plomb contenus dans la dissolution nitrique provenant de la première attaque. Ces derniers sulfures ont été transformés en sulfates par l'acide nitrique et l'acide sulfurique, et une seconde partie du plomb a pu être séparée par filtration. Le cuivre a été précipité à l'état d'oxyde noir par la potasse en excès. La liqueur potassique ayant encore retenu en dissolution une petite quantité de plomb, qui avait été entraînée avec le cuivre à cause de la faible solubilité du sulfate, on l'a de nouveau précipité par l'hydrogène sulfuré. Enfin le peroxyde de fer, séparé des sulfures, qui était resté dans la liqueur nitrique, a été précipité par l'ammoniaque.

On a ainsi trouvé :

| | |
|---|---|
| Gangue | 31,2 |
| Cuivre | 14,7 |
| Fer | 10,6 |
| Plomb | 23,0 |
| Soufre, pertes, etc. | 20,5 |
| | 100,0 |

2° Une prise d'essai, obtenue en broyant un assez grand nombre de fragments recueillis dans un tas de minerai concassé, qui était emmaganisé sur la mine, a été analysé de même et a donné :

| | |
|---|---|
| Gangue | 66.9 |
| Cuivre | 4,7 |
| Fer | 10,0 |
| Plomb | 5,4 |
| Soufre, pertes, etc. | 13,0 |
| | 100,0 |

3° Dans un fragment, d'une richesse excédant la teneur moyenne, le cuivre et le fer ont seuls été dosés, et on a trouvé pour 100 parties :

| | |
|---|---|
| Cuivre | 8,97 |
| Fer | 8,93 |

4° Enfin, un autre échantillon qui contient de la pyrite cuivreuse et du cuivre sulfuré, sans galène, a été traité par l'acide

nitrique, qui a dissout les parties métalliques; puis le cuivre et le fer, séparés par l'hydrogène sulfuré, ont été dosés à l'état d'oxyde, et on a obtenu :

| | |
|---|---|
| Gangue quartzeuse et feldspathique. | 44,73 |
| Cuivre. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 21,17 |
| Fer. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 17,00 |
| Soufre, etc. . . . . . . . . . . . . . . | 17,10 |
| | 100,00 |

La plupart des essais par voie sèche ont été faits pour plomb et argent, en fondant le minerai avec deux parties de carbonate de soude et une addition de fer, puis en coupellant les culots plombeux.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

| Nature des échantillons essayés. | Plomb d'œuvre. | Argent. | Teneur en argent du plomb d'œuvre. |
|---|---|---|---|
| Galène avec pyrite; gangue barytique. | 22.70 | 0,0794 | 0,0035 |
| Galène à grains fins, avec quelques cristaux de plomb carbonaté et un peu de pyrite. . . . . . . . . . . . . | 17,80 | 0,0338 | 0,0019 |
| *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 14,3 | 0,0315 | 0,0022 |
| *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12,1 | 0,0315 | 0,0026 |
| Galène en petits cristaux, sans pyrite, disséminée dans du quartz. . . . . . | 23,5 | 0,0940 | 0,0040 |
| Galène avec pyrite. (Le culot de plomb était cuivreux et pour le coupeller il a fallu faire une addition de plomb pauvre) . . . . . . . . . . . . . . . . . | 14,3 | 0,0658 | 0,0046 |
| Minerai de faible teneur, analysé par voie humide sous le n° 2. (Même observation que ci-dessus pour le culot de plomb.) La coupellation a laissé un bouton rouge et scorifié, et il a fallu ajouter du plomb pauvre pour dégager le bouton d'argent. . . . . . | 9,55 | 0,0544 | 0,0057 |

L'échantillon cuivreux, dont l'analyse par voie humide est rapportée au n° 4, a été essayé par fusion avec du flux noir, après grillage. On a obtenu 17,03 p. 100 de cuivre rouge malléable.

---

### *Bournonite de Montmeillant* (département du Cher).

Le fragment de petites dimensions qui a été remis au laboratoire était de couleur grise, d'un éclat métallique assez brillant, et à peu près exempt de gangue. Il ne montrait pas de formes cristallines.

Les expériences qui ont été faites sur cet échantillon ont eu seulement pour but d'en déterminer l'espèce minérale et de doser le cuivre.

Au grillage, ce minerai a répandu des fumées blanches abondantes et a en même temps exhalé l'odeur de l'acide sulfureux. Fondu après grillage, avec un flux réductif, il a donné un culot plombeux, aigre et cassant, qui a pesé 52,5 p. 100. Ce culot n'a pu se coupeller complétement qu'à l'aide d'une addition de plomb pauvre, dans la proportion de 60 p. 100. Tout a été absorbé; mais la coupelle a pris la couleur rouge brune de l'oxyde de cuivre.

Le minerai porphyrisé a été attaqué par l'acide nitrique concentré qui a laissé un résidu blanc, tandis que la liqueur s'est colorée en bleu.

L'acide chlorhydrique concentré et chauffé n'a dissout qu'une faible partie du résidu de l'attaque, et a ensuite abandonné, par le refroidissement, quelques petites paillettes cristallines de chlorure de plomb ; cette même liqueur chlorhydrique ayant été étendue d'eau ; il s'est produit un dépôt blanc, preuve de la présence de l'antimoine.

Le cuivre a été précipité de la liqueur nitrique par un courant d'hydrogène sulfuré. Le sulfure a été repris par l'acide nitrique, qui a laissé un peu de sulfate de plomb indissout, et le cuivre précipité par la potasse, employée en excès, a été dosé à l'état d'oxyde noir. Ce dosage a accusé une teneur en cuivre de 11,8 p. 100.

---

*Minerais de cuivre de la concession d'Azerat* (Haute-Loire).

Le minerai d'Azerat consiste en grains et fragments de petites dimensions, que l'on trouve sur les limites de la plaine de Brioude et sur les bords de la rivière d'Allier, à la base d'un terrain de grès et schistes rouges qui repose sur la roche granitique.

Des recherches, commencées en 1859, ont fait découvrir des fragments plus gros et plus nombreux que ceux qu'on rencontre à la surface. Ce sont, pour la plupart, de petits cylindres allongés, principalement composés de cuivre sulfuré, et recouverts d'une mince enveloppe charbonneuse où l'on reconnaît la structure d'écorces de branches d'arbustes. D'autres fragments sont des plaques courbes, présentant également

une croûte de charbon. Les uns et les autres proviennent de débris végétaux fossilifiés. Outre le cuivre sulfuré, quelques échantillons contiennent du cuivre carbonaté vert.

Deux fragments, l'un de cuivre sulfuré, l'autre, moins riche, de cuivre sulfuré mêlé de cuivre carbonaté, ont été analysés et essayés par voie sèche.

Pour faire l'analyse, la substance métallique porphyrisée a été attaquée par l'eau régale. Dans la dissolution, le cuivre a été séparé par l'hydrogène sulfuré, et l'ammoniaque, après expulsion de ce gaz, a précipité du peroxyde de fer mêlé à une petite quantité d'alumine qui avait été dissoute. Le cuivre a été dosé à l'état d'oxyde noir. Le fer et l'alumine, après nouvelle dissolution dans l'acide chlorhydrique, ont été séparés par la potasse.

Les essais par voie sèche ont été faits en fondant le minerai, préablement grillé, avec trois parties de carbonate de soude intimement mêlé de 1/12 de son poids de charbon pulvérisé.

On a ainsi obtenu, par voie humide, pour le premier minerai :

| | |
|---|---|
| Silice et argile | 6,15 |
| Cuivre | 66,80 |
| Fer | 2,11 |

De ces résultats, on déduirait la composition suivante, en admettant que tout le cuivre soit à l'état de protosulfure ($Cu^2.S$), et le fer à l'état de bisulfure ($Fe.S^2$, composition de la pyrite).

| | |
|---|---|
| Silice et argile | 6,15 |
| Sulfure de cuivre | 83,78 |
| Sulfure de fer | 4,61 |
| Charbon, matières volatiles | 5,46 |
| | 100,00 |

La voie sèche a donné 58 p. 100 de cuivre rouge, bien malléable.

Pour le second minerai, l'analyse a donné :

| | |
|---|---|
| Silice et argile | 8,03 |
| Cuivre | 44,47 |
| Fer | 7,58 |
| Soufre, acide carbonique et oxygène, charbon, etc. | 39,92 |
| | 100,00 |

et l'essai a produit 40,6 p. 100 de cuivre rouge.

*Pyrite de fer de la concession de plomb de Chazelles*
(Haute-Loire).

Le propriétaire de cette concession a remis un échantillon de pyrite jaune de fer, à belles et larges lames cristallines et exempt de gangue, en demandant qu'il fût essayé pour or.

L'essai a été fait en fondant la pyrite avec un peu plus de deux fois son poids de nitre et quinze fois son poids de litharge, et en coupellant le culot de plomb obtenu. Le résultat a été négatif.

---

*Pyrite du Piémont.*

L'échantillon soumis à l'analyse est une pierre massive, à aspect métallique, de couleur bronzée, présentant quelques irisations à la surface, et très-peu mêlé de gangue quartzeuse.

Sa pesanteur spécifique est 4,27.

Au grillage, il répand l'odeur de l'acide sulfureux, sans traces d'odeur arsenicale, et prend la couleur rouge du peroxyde de fer.

Il se dissout aisément dans l'acide nitrique en ne laissant qu'un faible résidu quartzeux. L'hydrogène sulfuré ne noircit point la liqueur acide. L'ammoniaque y donne un abondant précipité de peroxyde de fer, et après séparation de ce précipité, le sulfhydrate d'ammoniaque brunit très-légèrement la liqueur, et l'ébullition avec la potasse produit un très-petit dépôt floconneux de couleur claire qui noircit par la calcination. Ces deux dernières réactions témoignent de la présence d'une fort petite quantité de nickel.

L'analyse a donné :

| | |
|---|---|
| Quartz | 9,9 |
| Fer | 54,4 |
| Nickel | 0,2 |
| Soufre dosé par différence | 35,5 |
| | 100,00 |

La composition de ce minéral est celle de la pyrite magnétique. L'échantillon était cependant sans action sensible sur l'aiguille aimantée.

---

### Minerais de fer.

Les minerais de fer examinés au laboratoire ont tous été analysés par voie humide, et beaucoup d'entre eux ont été essayés par voie sèche. Les analyses se sont faites d'une manière uniforme. Les échantillons, qui renfermaient tous le fer à l'état de peroxyde, ont été attaqués par l'acide chlorhydrique. On a précipité l'oxyde métallique par l'ammoniaque; et lorsque la gangue renfermait de l'argile, on l'a ensuite séparé, au moyen de la potasse, de la petite quantité d'alumine dissoute pendant l'attaque. Pour plusieurs échantillons, on a dosé, dans le résidu insoluble, la silice et l'alumine après une attaque au carbonate de soude dans le creuset de platine.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans les tableaux suivants :

---

1° *Minerai des environs de Saint-Sauves* (Puy-de-Dôme).

Ce minerai est à cassure conchoïde et à éclat résineux. Sa couleur est celle des hématites brunes. Il est très-dur et raye le verre. Son gisement paraît subordonné à des nappes basaltiques.

Il a été analysé sur la demande du directeur du haut-fourneau du Chavanon (Corrèze), où il pourrait être transporté sans trop grands frais.

Deux échantillons ont donné :

| | | |
|---|---|---|
| Pesanteur spécifique | 2,43 | 2,37 |
| Silice | 62,7 | 67,3 |
| Peroxyde de fer | 26,8 | 25,9 |
| Eau | 10,5 | 6,8 |
| | 100,0 | 100,0 |
| Quantité de fer correspondant au peroxyde | 18,6 | 18,0 |

Ce minerai est trop pauvre et beaucoup trop siliceux pour pouvoir être employé.

---

2° *Minerai des environs de Sauxillanges* (Puy-de-Dôme).

Fer oxydé hydraté, mélangé d'argile et de grains quartzeux :

| | |
|---|---|
| Gangue | 6,8 |
| Peroxyde de fer | 83,1 |
| Eau | 10,1 |
| | 100,0 |
| Quantité de fer correspondante au peroxyde | 57,6 |

### 3° *Minerais du Lembron.*

On appelle Lembron, dans le département du Puy-de-Dôme, un bassin dont la forme est à peu près circulaire, et qui est compris entre les montagnes des environs d'Ardes et une série de collines à couronnements basaltiques. Ce bassin, que traverse la Couze d'Ardes, débouche dans la vallée générale de l'Allier, à 8 kilomètres au-dessus d'Issoire, au point où est située la petite ville de Saint-Germain-Lembron.

Le terrain de formation tertiaire est presque partout composé d'argile sableuse rougeâtre. En quelques points, surtout sur les pentes qui s'adossent aux roches cristallines, ces argiles notablement ferrugineuses ont une teinte rouge très-vive.

Auprès du village de Madriat, et des hameaux de la Boulangère et des Brugères, plusieurs petits plateaux, formant une assez grande superficie totale, sont couverts d'une couche sableuse, dont les grains, tantôt assez distants les uns des autres, tantôt plus serrés, sont plus ou moins fortement cimentés par du peroxyde de fer hydraté. La richesse moyenne de cette couche ferrugineuse est très-variable, en général médiocre, parfois assez grande. L'épaisseur du banc varie aussi de 30 centimètres à $1^m,50$ et jusqu'à 2 mètres. A cette couche, on trouve quelquefois subordonnée une argile contenant des grains ferrugineux; on y trouve aussi quelques échantillons d'hématite pure.

La proximité du bassin houiller de Brassac donne de l'intérêt à l'étude de ce gisement.

Voici les résultats des analyses et des essais qui ont été faits sur ces minerais :

| Nature des minerais. | N° 1. Minerai d'aspect terreux, à poussière rouge. | N° 2. Minerai en grains à poussière rouge. | N° 3. Hématite brune, avec grains quartzeux. |
|---|---|---|---|
| Pesanteur spécifique | » | » | 2,97 |
| Gangue (silice et alumine) | 28,3 | 55,0 | 34,7 |
| Peroxyde de fer | 60,3 | 36,6 | 54,0 |
| Eau | 10,5 | 7,8 | 10,3 |
| Perte | 0,9 | 0,6 | 1,0 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Quantité de fer correspondante au peroxyde trouvé | 43,9 | 25,4 | 37,4 |
| Fonte obtenue par l'essai de la voie sèche | 42,7 | » | 36,3 |

Dans les essais par voie sèche, le minerai n° 1 a été fondu avec 25 p. 100 de carbonate de chaux. La fonte, qui s'est bien rassemblée en culot, était truitée et résistante au choc. La scorie était bien vitrifiée et de couleur peu foncée.

Le minerai n° 3 a été fondu avec 20 p. 100 de carbonate de chaux. La fonte obtenue était grise et très-douce; la scorie était de couleur claire.

---

### 4° *Minerai de fer de Chambezon* (Haute-Loire).

On a trouvé dans la commune de Chambezon, près Lempdes, des fragments de fer hydroxydé, à grains quartzeux, indiquant la présence d'un mince lit de minerai, dans un terrain principalement composé d'argile sableuse.

| | |
|---|---|
| Pesanteur spécique | 3,49 |
| Silice | 9,0 |
| Alumine | 3,5 |
| Peroxyde de fer | 82,6 |
| Eau | 4,9 |
| | 100,0 |
| Quantité de fer correspondante au peroxyde | 57,8 |

Ce minerai placé dans un creuset brasqué, avec 8 p. 100 de fondant calcaire, a donné un culot et quelques grenailles de fonte grise dont le poids total a été 52,8; scorie vert bouteille, bien vitrifiée.

---

### 5° *Minerais des environs de Lempdes.*

Vers le hameau de Tourette, près Lempdes, on voit une étendue de champs, assez limitée, qui est couverte de fragments arrondis de fer oxydé hydraté et des chemins empierrés avec ce minerai. Beaucoup de ces fragments sont de petites dimensions, d'autres sont gros comme le poing et quelques-uns atteignent la grosseur de la tête.

Ce gisement paraît en relation avec un petit lambeau d'argile tertiaire, qui repose en cet endroit sur la roche gneissique.

Les échantillons, qui tous sont très-riches, présentent dans leur intérieur quelques grains quartzeux ou feldspathiques.

En voici deux analyses :

| | | |
|---|---|---|
| Pesanteur spécifique | 3,55 | 3,29 |
| Gangue | 17,33 | 23,89 |
| Peroxyde de fer | 74,57 | 69,73 |
| Eau, etc. | 8,10 | 6,38 |
| | 100,00 | 100,00 |
| Fer correspondant au peroxyde | 51,7 | 48,37 |
| Essais par voie sèche. Fondant calcaire ajouté | 11 | 11 |
| Essais par voie sèche. Fonte obtenue | 48,25 | 46,40 |
| | Fonte blanche, présentant à la surface des arborescences cristallines. | Fonte truitée, dure et résistante. |

En quelques autres points des environs de Lempdès, on trouve épars des fragments de minerai semblables.

L'un d'eux a donné :

| | |
|---|---|
| Pesanteur spécifique | 3,40 |
| Gangue. Silice | 23,4 |
| Gangue. Alumine | 4,8 |
| Peroxyde de fer | 66,1 |
| Eau | 5,7 |
| | 100,0 |
| Fer correspondant au peroxyde | 45,8 |
| Essais par voie sèche. Fondant calcaire ajouté | 15,0 |
| Essais par voie sèche. Fonte obtenue | 38,9 |

La fonte ne s'est pas entièrement rassemblée en culot, et la scorie contenait des grenailles qui ont été réunies avec l'aide du barreau aimanté. Cette fonte était blanche; la scorie vert bouteille.

---

6° *Minerai de Vernassal* (entre Lempdes et Massiac).

Auprès de Vernassal, on trouve dans le gneiss quelques minces lits de fer oxydé hydraté, mêlés de grains de quartz, qui ont donné lieu à quelques recherches superficielles. Le peu de continuité et le peu de puissance de ces lits ne permettent pas de regarder ce gisement comme exploitable.

| | |
|---|---|
| Pesanteur spécifique | 3,22 |
| Gangue quartzeuse | 22,2 |
| Peroxyde de fer | 68,6 |
| Eau | 9,4 |
| | 100,2 |
| Fer correspondant au peroxyde | 47,6 |

7° *Minerai de Combeneire* (Haute-Loire).

Fer oxydé, hydraté, mélangé d'argile et de grains quartzeux :

L'analyse a donné :

| | |
|---|---|
| Gangue | 11,8 |
| Peroxyde de fer | 73,5 |
| Eau | 15,0 |
| | 100,3 |
| Quantité de fer correspondant au peroxyde. | 50.9 |

8° *Minerais de fer de Naves et de Navogne* (canton de Bas en Basset, Haute-Loire).

Ces minerais appartiennent à un terrain de formation tertiaire, qui occupe sur le bord de la Loire le petit bassin de Bas en Basset, situé dans la partie nord-est du département. Ils forment quelques couches en connexion de gisement avec des arkoses qui se montrent à la base du terrain tertiaire dans la partie sud du bassin. Le reste de ce terrain est principalement composé d'argile.

Ce gisement a donné lieu à quelques recherches entreprises par des industriels de Firminy. Le fer y est contenu à l'état d'oxyde hydraté ; le minerai donne une poussière dont la couleur est le jaune d'ocre, et renferme beaucoup de silice.

Les deux analyses suivantes ont été faites sur des échantillons choisis.

| | 1° Minerai de Naves. | 2° Minerai de Navogne. |
|---|---|---|
| Gangue | 12,3 | 23,4 |
| Peroxyde de fer | 74,0 | 66,3 |
| Eau | 13,7 | 11,2 |
| | 100,0 | 100,9 |
| Fer correspondant au peroxyde | 51,8 | 46,0 |

9° *Hématite brune de la Lizolle* (département de l'Allier).

La pesanteur spécifique de ce minerai est 3,29.

A la calcination il a perdu 10,3 p. 100 d'eau.

Essayé par voie sèche, en employant le carbonate de soude pour fondant, il a donné 48,2 p. 100 de fonte blanche lamelleuse.

### Combustibles minéraux.

Dans les divers essais de combustibles minéraux qui ont été faits au laboratoire, on a déterminé la proportion de matières volatiles ou celle du coke que produit la calcination en vase clos, la quantité de cendres et le pouvoir calorifique d'après le poids du plomb qui est réduit, lorsque l'on fond 1 gramme de combustible avec, de 30 à 40 grammes de litharge.

---

### 1° *Houille de la mine de Lachaud.*

Le gîte de Lachaud appartient à la concession de la Vernade, dans le bassin houiller de Saint-Éloy.

Il produit une houille dure et à longue flamme, peu riche en principes bitumineux, mais cependant plus propre à la fabrication du coke que celle des autres gîtes du bassin.

L'essai fait sur un échantillon choisi a donné :

| | | |
|---|---|---|
| Matières volatiles | | 42,00 |
| Coke : 58.. | Carbone | 54,02 |
| | Cendres | 3,98 |
| | | 100,00 |
| Plomb produit par la fusion d'une partie de houille avec la litharge | | 26,35 |

Le coke était d'aspect argentin, très-léger et friable.

---

### 2° *Houille de Bioras.*

Auprès du hameau de Bioras, qui est situé sur le prolongement du bassin houiller de Saint-Éloy, et presque au contact de la roche gneissique, affleure une couche de houille de 1 mètre environ de puissance. Elle a donné lieu à des travaux de recherches ; mais le gîte s'interrompt à une faible profondeur et l'on n'a pu en retrouver le prolongement. Cet affleurement est le plus important que l'on connaisse dans la longue bande de terrain houiller qui fait suite aux exploitations de la Vernade et de la Roche.

La houille de Bioras est dure, à cassure conchoïde et polie, d'un noir un peu terne, renferme des plaques brillantes de pyrite de fer. Elle brûle avec une longue flamme, et avec boursouflement.

Calcinée en vase clos, elle donne un coke léger et brillant, qui se moule sur les parois du creuset.

Trois essais ont indiqué les compositions suivantes :

| | 1° | | 2° | | 3° | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pesanteur spécifique. . | 1,26 | | 1,36 | | 1,37 | |
| Matières volatiles. . . | 46,06 | | 42.5 | | 41,55 | |
| Carbone. . . . . . . . . | 48,02 | 53,94 | 44,3 | 57,5 | 51,00 | 58,45 |
| Cendres. . . . . . . . . | 5,92 | | 13.2 | | 7,45 | |
| | 100,00 | | 100,0 | | 100,00 | |
| Plomb réduit par fusion d'une partie avec la litharge. . . . . . . . | 24,09 | | 27,23 | | 23,68 | |

Les cendres des n°s 1 et 3 étaient d'une couleur brune claire ; celles du n° 2 étaient grises.

---

### 3° *Houille du Chambon.*

Cette houille provient d'un puits de recherches, qui a été creusé auprès du hameau du Chambon, dans la vallée de la Bouble, et encore sur le prolongement du bassin houiller de Saint Éloy.

Les échantillons essayés présentaient des veinules de charbon d'un noir brillant, mêlés de veines plus ternes, et avec quelques plaques de pyrite de fer. Ils donnaient un coke boursouflé, des cendres rougeâtres ou rouges.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pesanteur spécifique. . . . . . . | 1,48 | | 1,47 | |
| Matières volatiles. . . . . . . . . | 34,3 | | 37,4 | |
| Carbone. . . . . . . . . . . . . . | 40,9 | 65,7 | 46,8 | 62,6 |
| Cendres. . . . . . . . . . . . . . | 24,8 | | 15,8 | |
| | 100,0 | | 100,0 | |
| Plomb réduit par la fusion d'une partie avec la litharge. . . . . | 20,49 | | 27,25 | |

---

### 4° *Houille anthraciteuse de la concession de Messeix* (canton de Bourg-Lastic, Puy-de-Dôme).

L'échantillon examiné est à cassure conchoïde et brillante, sans veine schisteuse apparente.

Cette houille brûle sans flamme, ne s'agglutine nullement par la calcination en vase clos. La cendre qu'elle laisse après combustion est légèrement rougeâtre.

Deux prises d'essai ont donné :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pesanteur spécifique | 1,36 | | 1,33 | |
| Matières volatiles | 12,4 | | 12,5 | |
| Carbone | 83,99 | 87,6 | 84,43 | 87,50 |
| Cendres | 3,61 | | 3,07 | |
| | 100,00 | | 100,00 | |
| Plomb réduit par la fusion d'une partie avec la litharge. | 32,47 | | 32,42 | |

5° *Houille des environs de Singles* (Puy-de-Dôme).

Ce combustible, remis par un demandeur en concession, est à cassure conchoïde et demi-luisante. Il brûle avec une longue flamme ; a donné, par la calcination en vase clos, un coke boursouflé, brillant et très-dur ; a laissé après combustion une cendre d'une couleur brune très-claire.

Sa pesanteur spécifique est. . . . . . . . . . . 1,3

Deux essais ont donné :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Matières volatiles | 32,1 | | 31,5 | |
| Carbone | 62,2 | 67,9 | 60,1 | 68,5 |
| Cendres | 5,7 | | 8,4 | |
| | 100,0 | | 100,0 | |
| Plomb réduit par la fusion d'une partie avec la litharge | 29,0 | | 31,1 | |

6° *Houille d'Oustouilloux* (commune de Larodde).

Ces houilles proviennent de veines fort minces, qui ont été trouvées au sud de la concession de Singles et qui ont donné lieu à des travaux de recherches.

Elles brûlent avec une assez longue flamme, s'agglutinent très-bien par la calcination en vase clos, laissent, après combustion, une cendre blanche.

| | 1° Houille brillante, offrant un éclat gras dans la cassure ; a donné un coke très-boursouflé. | | 2° Houille terne et nerveuse ; a donné un coke dur et brillant. | |
|---|---|---|---|---|
| Pesanteur spécifique | 1,32 | | 1,46 | |
| Matières volatiles | 30,6 | | 29,9 | |
| Carbone | 55,5 | 69,4 | 53,75 | 70,1 |
| Cendres | 13,9 | | 16,35 | |
| | 100,0 | | 100,00 | |
| Plomb réduit par la fusion d'une partie avec la litharge | 25,54 | | 25,07 | |

### 7° *Lignite de Saint-Sauves.*

Il existe auprès de Saint-Sauves, sur le versant nord-ouest du groupe montageux du Mont-Dore, un terrain de grès très-régulièrement stratifiés, qui reposent sur les roches gneissiques et micaschisteuses, et que recouvrent les nappes d'origine volcanique.

Dans sa partie supérieure, ce terrain se compose de grès rouges; à la base des assises, les grès sont gris ou blancs, et présentent entièrement le facies ordinaire des grès houillers, bien que la formation soit probablement postérieure à l'époque houillère.

Quelques recherches entreprises dans un ravin à l'ouest de Saint-Sauves ont fait trouver, dans des grès gris, des plaques et des veinules fort minces de charbon qui, par l'aspect, ne diffèrent pas de la houille.

Ce charbon brûle avec une flamme longue et fuligineuse. Il ne s'agglutine point en coke par la calcination en vase clos. Il laisse, après combustion, une cendre ferrugineuse, rouge et très-fusible.

| | |
|---|---|
| Sa pesanteur spécifique est | 1,86 |

L'essai a donné:

| | |
|---|---|
| Matières volatiles | 42,60 |
| Carbone | 30,55 |
| Cendres | 26,85 |
| | 100,00 |
| Plomb réduit par fusion d'une partie de charbon avec la litharge | 16,08 |

Ce combustible, d'une très-faible puissance calorifique, rentre dans la classe des lignites ou des stipites.

---

### 8° *Houille du parc de Frugères* (bassin houiller de Brassac).

Des recherches ont été faites dans le parc de Frugères sur des couches de houille dont les affleurements présentent des traces d'anciens travaux.

La houille qui en a été extraite est très-friable et à structure nerveuse. Elle brûle avec flamme; donne par la calcination en vase clos un coke très-boursouflé; laisse, après combustion, une cendre blanche.

Sa pesanteur spécifique est. . . . . . . . . . . . 1,39

Deux essais ont donné :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Matières volatiles . . . . . . . | 19,38 | | 19,59 | |
| Carbone . . . . . . . . . . . . | 65,67 | 80,62 | 62,78 | 80,41 |
| Cendres. . . . . . . . . . . . . | 14,95 | | 17,63 | |
| | 100,00 | | 100,00 | |
| Plomb réduit par la fusion d'une partie de houille avec la litharge. . . . . . . . . . | 26,9 | | 28,1 | |

9° *Cokes des bassins houillers de Brassac et de Langeac, envoyés comme échantillons à la fonderie de plomb de Pontgibaud, pour servir de base à un marché.*

Ces cokes ont donné les résultats suivants :

| Provenances des échantillons. | Mine de houille de Bouxhors (bassin houiller de Brassac.) | Mine de houille de Gros-Ménil (bassin houiller de Brassac.) | Bassin houiller de Langeac. |
|---|---|---|---|
| Poids de cendres laissées après la combustion, pour 100 parties de coke . . . . . . . . . . | 15,0 Cendres rouge brique. | 14.7 Cendres rouge brique. | 16,7 Cendres grisâtres. |
| Plomb réduit par une partie de coke fondue avec la litharge . . . . . . . . . . . . . | 28,2 | 29,0 | 27,5 |

10° *Argile noire et charbon de bois fossile de Crouzide* (commune de Monastier, Haute-Loire).

Le gisement d'où proviennent les échantillons envoyés au laboratoire se compose d'assises d'argiles grises et noires, reposant sur le granite et recouvertes par du basalte et par du tuf d'origine volcanique. A l'argile noire se trouvent mêlés de petits fragments de charbon de bois fossile.

Par la calcination à l'air cette terre perd 9,2 p. 100 de son poids et prend une teinte légèrement jaunâtre.

Un fragment de charbon fossile a laissé, après combustion, 4,37 p. 100 de cendres.

11° *Argile noire de Promeyrat, près Paulhaguet* (Haute-Loire).

Dans la plaine de Paulhaguet, que traverse la rivière de Senouire, et dont le sol est formé d'une argile alluvionnelle pro-

venant principalement de l'érosion des couches tertiaires voisines, on trouve en quelques points une argile noire, assez analogue pour l'aspect à celle qui accompagne souvent, dans les terrains de schistes houillers, les affleurements des couches charbonneuses. Les points où cette argile se rencontre sont proches des roches gneissiques, et la plaine de Paulhaguet est située entre le terrain houiller des environs de Brioude et celui de Langeac. Ces circonstances avaient fait regarder cette terre comme pouvant être un indice de gisement houiller.

Mais l'examen qui en a été fait a montré que sa teinte noire est surtout due à de l'humus et à des matières provenant de la décomposition de substances végétales.

Calcinée à l'air, l'argile a pris une teinte rouge brique; calcinée en vase clos, elle a fondu en scorie boursouflée, en perdant 23 p. 100 de son poids. Dans une nouvelle calcination en vase découvert, cette scorie a augmenté de poids, dans la proportion 1,3 p. 100, par suite de la peroxydation du fer qu'elle contenait.

10 grammes fondus avec de la litharge n'ont produit que $5^{g},11$ de plomb.

Cette argile ayant été traitée, à diverses reprises, par une dissolution concentrée de potasse, la liqueur potassique s'est fortement colorée en noir; puis, ayant été saturée par l'acide chlorhydrique, a abandonné un précipité brun-noir, soluble dans un excès d'acide. Dans la même liqueur, l'acide nitrique a produit un précipité analogue, mais beaucoup moins abondant.

---

12° *Coke fabriqué à la mine de Lempret* (bassin houiller de Champagnac, Cantal).

Ce coke, par une forte calcination en vase clos, a perdu 1,5 p. 100 de son poids.

Après combustion, il a laissé 14,62 p. 100 de cendres un peu grises.

Une partie fondue avec la litharge a réduit 29 parties de plomb.

---

13° *Anthracite de Deneuille* (département de l'Allier).

Ce combustible est dur et à cassure luisante. Il ne s'agglutine nullement par la calcination en vase clos. Il brûle avec une courte flamme et en laissant une cendre blanche.

Sa pesanteur spécifique est . . . . . . 1,52

L'essai a donné :

| | | |
|---|---|---|
| Matières volatiles. . . . . . . . . . . . . | | 11,95 |
| Matières fixes, 88,05 | Carbone. . . . | 83,45 |
| | Cendres. . . . | 4,60 |
| | | 100,00 |
| Plomb réduit par la fusion d'une partie avec la litharge. . . . . . . . . . | | 34,31 |

---

14° *Houille trouvée dans le puits de recherche de Saint-Maurs, près Deneuille* (Allier).

Cette houille, qui renferme quelques parties pierreuses, est à cassure brillante dans les veines pures. Elle brûle avec une très-longue flamme, ne s'agglutine pas complétement par la calcination en vase clos, et laisse, après combustion, des cendres d'un brun foncé.

Sa pesanteur spécifique est. . . . . . 1,39

L'essai a donné :

| | |
|---|---|
| Matières volatiles. . . . . . . . . . . . . | 22,95 |
| Carbone . . . . . . . . . . . . . . . . . | 66,75 |
| Cendres . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10,30 |
| | 100,00 |

---

15° *Houille de la commune de Juillac* (arrondissement de Brives, Corrèze).

D'après l'ingénieur qui a remis les échantillons, le gîte d'où cette houille provient présente la coupe suivante :

| | met. |
|---|---|
| Veinule de houille au toit de la couche. . . | 0,02 |
| Nerf schisteux. . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,18 |
| Veinule de houille. . . . . . . . . . . . . . | 0,13 |
| Deuxième nerf schisteux. . . . . . . . . . . | 0,15 |
| Houille. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,52 |
| | 1,00 |

| | | Échantillon appartenant à la veine du mur. | | Échantillon appartenant à la veinule du toit. |
|---|---|---|---|---|
| Pesanteur spécifique | | 1,47 | | » |
| Matières volatiles | | 28,0 | | 16,5 |
| Coke : 72,0. | Carbone | 43,7 | Coke : 83,5. | 41,6 |
| | Cendres | 28,3 | | 41,9 |
| | | 100,0 | | 100,0 |
| Quantité de plomb réduite par la fusion d'une partie avec la litharge | | 23,7 | | |

---

**Pierres calcaires et chaux.**

Les pierres calcaires analysées ont été attaquées par l'acide chlorhydrique. Le peroxyde de fer et l'alumine dissoute ont été précipités par l'ammoniaque, et lorsque la quantité de fer était sensible, ont été séparés au moyen de la potasse, après avoir été redissous dans l'acide. La chaux a été précipitée par l'oxalate d'ammoniaque et dosée à l'état de carbonate ou de chaux caustique. Puis la magnésie a été recherchée au moyen du phosphate de soude, et dosée à l'état de phosphate, lorsqu'elle se trouvait en quantité appréciable.

Dans plusieurs analyses, on a aussi recherché la proportion de la silice et de l'alumine contenues dans le résidu inattaqué par l'acide, en fondant préalablement ce résidu avec du carbonate de soude dans le creuset de platine.

---

1° *Pierre calcaire extraite d'un puits creusé entre Riom et Clermont, non loin de la route de Paris.*

Cette pierre est un peu grisâtre, à cassure demi-conchoïde. Sa poussière, calcinée à une forte chaleur blanche, s'agglutine en une masse jaunâtre, peu susceptible de se délayer. Calcinée à une température moins élevée, elle donne une masse moins consistante, qui peut être éteinte dans l'eau.

Elle renferme pour 100 parties :

| | |
|---|---|
| Argile | 24,9 |
| Peroxyde de fer | traces. |
| Chaux | 37,8 |
| Acide carbonique, eau | 37,3 |
| | 100,0 |

---

### 2° *Chaux de la Limagne.*

Les deux échantillons analysés avaient été envoyés à la fonderie de Pontgibaud, où la chaux est employée comme fondant des minerais, pour servir de base à un marché.

Ils sont pulvérulents, d'une teinte un peu jaunâtre: sont entièrement attaqués par l'acide chlorhydrique, qui ne laisse indissous qu'un dépôt floconneux de silice.

Ils ont donné :

| | 1° | 2° |
|---|---|---|
| Silice | 7,2 | 17,6 |
| Alumine | 1,8 | 5,8 |
| Peroxyde de fer | 1,6 | 4,9 |
| Chaux | 57,1 | 61,7 |
| Magnésie | » | 1,9 |
| Eau, acide carbonique | 32,4 | 8,4 |
| | 100,1 | 100,3 |

### 3° *Pierres calcaires tendres des environs d'Ambert.*

La chaux est chère aux environs d'Ambert et dans tout le haut bassin de la Dore; car il faut la faire venir de la Limagne, aucun gisement calcaire n'étant exploité dans le pays même.

Le fond du bassin de la Dore est occupé par un terrain tertiaire, qui est presque exclusivement argileux.

Les deux pierres essayées ont été trouvées non loin de la ville d'Ambert; mais, comme le montrent les analyses, elles sont beaucoup trop argileuses pour pouvoir être utilisées dans les constructions.

Ces pierres sont tellement tendres qu'elles se brisent sous la pression des doigts. Leur couleur est blanche tirant un peu sur le jaune. Leur poussière, calcinée à la chaleur blanche, s'agglutine en un culot consistant :

| | 1° | 2° |
|---|---|---|
| Argile | 38,2 | 36,2 |
| Peroxyde de fer | traces. | traces. |
| Chaux | 31,1 | 32,1 |
| Magnésie | 0,1 | 0,2 |
| Acide carbonique, eau | 30,0 | 31,1 |
| | 99,4 | 99,6 |

### 4° *Calcaire exploité au-dessus de Chambezon, canton de Blesle* (Haute-Loire).

Ce calcaire, comme tous les suivants, appartient au terrain tertiaire, et repose sur des couches d'argile sableuse. Sa cassure est demi-esquilleuse ; sa couleur est blanche, tirant un peu sur le gris. Il renferme quelques grains de quartz et quelques petites géodes de chaux carbonatée cristallisée.

| | |
|---|---|
| Sa pesanteur spécifique est | 2,60 |
| Sa composition est : Silice | 8,2 |
| Alumine | 3,0 |
| Peroxyde de fer | traces. |
| Chaux | 42,33 |
| Magnésie | 2,31 |
| Acide carbonique, eau, matières volatiles | 44,16 |
| | 100,00 |

---

### 5° *Calcaire de Grenier-Montgon* (Haute-Loire).

Un banc calcaire, qui à diverses époques a été exploité, affleure au-dessus de Grenier-Montgon, sous une nappe basaltique qui domine les escarpements de la vallée de l'Allagnon.

L'échantillon essayé est à structure compacte, d'une couleur blanche, présentant à la surface quelques taches noires et quelques dendrites.

| | |
|---|---|
| Sa pesanteur spécifique est | 2,63 |
| Silice et argile | 7,6 |
| Peroxyde de fer et de manganèse | traces. |
| Chaux | 31,64 |
| Magnésie | 15,44 |
| Acide carbonique, eau | 45,32 |
| | 100,00 |

---

### 6° *Diverses pierres calcaires du bassin de Brioude.*

| | 1° Banc couronnant la butte du Pouget. Échantillon très-blanc et très-pur; dur et à cassure esquilleuse. | 2° Calcaire de Lauriat, analogue au précédent. | 3° Calaire exploité dans les carrières de Bard; d'un blanc un peu grisâtre, à cassure esquilleuse. | 4° Calcaire à texture cristalline, formant un banc peu étendu à Lendo, sur la rive gauche de l'Allier. |
|---|---|---|---|---|
| Pesanteur spécifique... | 2,69 | 2,68 | 2,52 | 2,63 |
| Silice. . . . . . . . . . . | traces. | 1,07 | 5,67 | 9,03 |
| Alumine. . . . . . . . . | » | 0,53 | 2,87 | 4,27 |
| Peroxyde de fer. . . . . | » | traces. | 3,97 | 8,60 |
| Chaux. . . . . . . . . . . . | 51,0 | 54,40 | 48,69 | 43,10 |
| Magnésie. . . . . . . . . | 0,56 | » | » | » |
| Acide carbonique, eau. | 48,44 | 44,00 | 38,80 | 35,00 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

---

### Échantillons d'argile de l'arrondissement de Thiers.

Les deux échantillons dont la composition est donnée ci-dessous ont été traités par l'acide chlorhydrique, qui a dissout une petite partie de l'alumine, le peroxyde de fer et la petite quantité de magnésie que ces terres contenaient. L'alumine et le peroxyde de fer ont été séparés par la potasse; la magnésie a été précipitée à l'état de phosphate double ammoniacal. La partie indissoute dans l'acide chlorhydrique, composée de silice et d'alumine, a été attaquée dans le creuset de platine par le carbonate de soude.

| | 1° Argile réfractaire d'Aubusson. Terre blanche, douce et fine au toucher. | 2° Argile rouge de Sermantison. |
|---|---|---|
| Silice. . . . . . . . . . . . | 53,0 | 54,5 |
| Alumine. . . . . . . . . . . | 31,9 | 26,4 |
| Peroxyde de fer. . . . . . | traces | 3,8 |
| Magnésie. . . . . . . . . . | traces | 0,9 |
| Eau. . . . . . . . . . . . . | 15,1 | 14,4 |
| | 100,0 | 100,0 |

---

### *Basalte du plateau des Barris, arrondissement d'Issengeaux* (Haute-Loire).

Ce basalte, qui est à structure unie et compacte, est fortement magnétique. Il fond aisément en émail noir. Il perd 2,3 p. 100 de son poids, par la calcination. Sa pesanteur spécifique est 3.

Pour l'analyser, on l'a attaqué au creuset de platine par le carbonate de soude, et l'attaque a été reprise par l'acide chlorhydrique, qui a dissout les bases et laissé la silice. Dans la dissolution, après avoir ajouté de l'acide nitrique pour peroxyder le fer, on a dosé l'alumine, le fer et la chaux par les procédés ordinaires et l'on s'est contenté de doser les alcalis par différence.

La présence d'une certaine quantité d'acide titanique a été constatée, d'abord par l'aspect lustré du précipité de silice, et la difficulté qu'il a éprouvée à filtrer; puis, d'une manière plus rigoureuse, parce qu'ayant repris par l'acide chlorhydrique le précipité de peroxyde de fer et d'alumine donné par l'ammoniaque, l'ébullition a fait paraître dans cette dissolution un léger dépôt.

On a obtenu :

| | |
|---|---|
| Silice, mélangée d'acide titanique | 44,67 |
| Alumine | 28,67 |
| Protoxyde de fer, mélangé d'acide titanique | 14,13 |
| Chaux | 8,20 |
| Magnésie | traces. |
| Alcalis | 2,03 |
| Eau | 2,3 |
| | 100,00 |

## *Eaux troubles des laveries de Rosier et de Mioche* (concession de Roure).

Quelques expériences ont été faites sur les quantités de matières argileuses tenues en suspension dans les eaux troubles des laveries où les minerais de plomb argentifère des exploitations de Roure et de Mioche (district des environs de Pontgibaud), subissent la préparation mécanique, dans le but d'étudier la question de la clarification de ces eaux.

On a trouvé par filtration qu'un litre d'eau recueilli, le 21 juin 1856, à la sortie de la laverie de Rosier, contenait 3g,325 de dépôt argileux insoluble.

Cette eau, recueillie au débouché de la rigole d'écoulement dans la rivière de la Sioule, après un parcours de 2.400 mètres dans cette rigole, n'a plus laissé sur le filtre que 1g,255.

Enfin, la même eau, puisée à la sortie de la laverie, a été laissée en repos, dans un tonneau, pendant une durée de 18 heures. Le dépôt qu'elle tenait en suspension n'a plus pesé alors que 0g.195 par litre.

Le chlorure de barium, versé dans l'eau filtrée, a dénoté, par un précipité sensible, la présence de l'acide sulfurique.

De l'eau provenant du débourbage de la mine de Mioche, recueillie en 1858, près de la Sioule, et après un parcours de 2.000 mètres dans une rigole, a laissé sur le filtre un dépôt grisâtre pesant $0^{g},77$ par litre. Le chlorure de barium n'a indiqué dans cette eau qu'une quantité extrêmement faible d'acide sulfurique.

---

## Eaux minérales.

### *Eaux de Roddes.*

A Roddes, près Ambert, est une petite fontaine d'eau minérale froide, renfermée dans un pavillon, et qui, pendant l'été, se vend dans la ville comme boisson de table.

Une analyse de cette eau a été faite sur quelques bouteilles envoyées par le propriétaire de la source.

Le résidu de l'évaporation de 1 litre 1/2, composé pour la plus grande partie de carbonates, a été repris par l'eau qui a dissous les sels alcalins, puis par l'acide chlorhydrique, qui a laissé un dépôt de silice indissous. Dans la dissolution chlorhydrique, on a trouvé et l'on a dosé par les procédés ordinaires du fer, de la chaux, de la magnésie, une très-petite quantité d'alumine. Dans la dissolution aqueuse, on a reconnu l'existence du chlore, au moyen du nitrate d'argent, et d'une petite quantité d'alcalis formée presque entièrement de soude.

Dans le liquide réduit en volume par une évaporation partielle, le chlorure de barium n'a décelé que des traces d'acide sulfurique.

On n'a pas aperçu d'indices d'arsenic en essayant l'eau par l'appareil de Marsch.

Pour doser l'acide carbonique, on a d'abord saturé d'ammoniaque l'eau d'une bouteille, aussitôt après l'avoir débouchée; puis on a précipité l'acide carbonique par le chlorure de barium.

Voici les résultats obtenus rapportés à 1 litre, et en admettant que les sels minéraux soient à l'état de bicarbonates :

| | |
|---|---|
| Résidu salin laissé par l'évaporation, la chaleur ayant été poussée au rouge sombre | 0g,246 |
| Quantité d'acide carbonique en poids | 0g,935 |
| Acide carbonique libre en poids | 0g,853 |
| Acide carbonique libre en volume | 0l,431 |
| Silice, alumine | 0g,165 |
| Bicarbonate alcalin, presque entièrement sodique | 0g,041 |
| Chlorure de sodium | 0g,001 |
| Sulfate de soude | traces. |
| Bicarbonate de chaux | 0g,023 |
| Bicarbonate de magnésie | 0g,011 |
| Bicarbonate de protoxyde de fer | 0g,050 |
| | 0g,291 |

Il faut remarquer que la quantité d'acide carbonique trouvée serait probablement plus grande si on la dosait à la source même; et que le résidu siliceux insoluble a pu provenir en partie de ce que les bouteilles n'étaient pas parfaitement nettoyées au moment du remplissage.

On voit par ces résultats que l'eau de Roddes est acidule, notablement ferrugineuse, peu chargée de sels.

### *Eau de Ceyssat* (Puy-de-Dôme).

La source d'eau minérale de Ceyssat n'est pas captée. L'analyse a été faite sur des bouteilles remises par un limonadier de Clermont, qui se proposait d'exploiter la source.

Une bouteille évaporée a donné un résidu sec dont le poids équivalait à 1g,853 pour 1 litre;

L'acide carbonique a été dosé au moyen du chlorure de barium, comme il a été dit plus haut;

L'acide sulfurique, à l'état de sulfate de baryte;

Le chlore, par le nitrate d'argent;

La chaux, à l'état d'oxalate;

La magnésie, à l'état de phosphate;

Les alcalis, à l'état de chlorure et de sulfates;

L'eau de Ceyssat ne contient pas de fer.

Voici les résultats de deux analyses rapportés à 1 litre. La manière dont les bouteilles ont été remplies n'a pas été vérifiée, et il n'est pas étonnant que l'on ait trouvé des nombres un peu

différents, qui concordent pourtant assez bien quant à la proportion des divers éléments.

| | | |
|---|---|---|
| Acide carbonique libre. . | en volume. . . . . . . . . . | 0g,902 |
| | en poids. . . . . . . . . . . | 1g,785 |

| | |
|---|---|
| Bicarbonate de chaux.. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1g,122 |
| Bicarbonate de magnésie. . . . . . . . . . . . . . . . . | 0g,470 |
| Sulfate de magnésie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0g,539 |
| Chlorures alcalins. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0g,364 |
| | 2g,495 |

| | |
|---|---|
| Bicarbonate de chaux. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1g,006 |
| Bicarbonate de magnésie. . . . . . . . . . . . . . . . . | 0g,583 |
| Sulfate de magnésie. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0g,492 |
| Chlorures alcalins. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0g,311 |
| Silice, alumine. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0g,055 |
| | 2g,447 |

D'après ces nombres, l'eau de Ceyssat est très-gazeuse, et notablement magnésienne.

---

# EXTRAITS DE MINÉRALOGIE (1)

Par M. DE SÉNARMONT.

(TRAVAUX DE 1859.)

## *Sur la Jalpaïte;* par BREITHAUPT.

(*Berg. u. Hüttenmännische Zeitung*, t. XVII, p. 85.)

Argent sulfuré cuprifère de Jalpa, au Mexique. D'un gris de plomb noirâtre. Densité, 6,877; 6,890.

| S | Ag | Cu | Fe | Somme. | Formule. |
|---|---|---|---|---|---|
| 14,36 | 71,51 | 13,12 | 0,79 | 99,98 | (3/4Ag1/4Cu)S. |

## *Sur la Guaycanite du Chili* (mines du Guaycana); par M. F. FIELD.

(*Philosoph. Magaz.*, t. XVII, p. 293.)

| Cu | S | As | Fe,Ag | Somme. |
|---|---|---|---|---|
| 48,50 | 31,82 | 19,14 | traces. | 99,46 |

Formule: $3Cu^2S + AsS^5$.

Dureté, 3,5 à 4. Densité, 4,39.

## *Analyse du mispickel de Sahla* (Suède); par M. POTYKA.

(*Pogg. Annal.*, t. CVII, p. 303.)

Contrairement à l'assertion de M. Behnke, ce minéral a la composition connue, savoir :

| S | Fe | As | Sb | Bi | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 43,26 | 1,29 | 0,14 | |
| | | | As | | |
| 19,13 | 34,78 | | 44,11 | | 98,60 |

Formule: $FeS^2 + FeAS^2$.

(1) Ces extraits ne comprennent pas les travaux de détail qui répètent ou confirment seulement des faits connus.

On n'y a mentionné que les descriptions chimiques ou cristallographiques d'espèces minérales mal connues, nouvelles, ou données comme telles; souvent, il est vrai, fort à la légère.

L'auteur a constaté que le mispickel à froid, et surtout à l'ébullition, décompose l'eau avec ou sans le contact de l'air, avec dégagement d'hydrogène sulfuré, formation d'acide arsénieux, de protoxyde de fer et d'acide sulfurique. Cette circonstance paraît avoir causé l'erreur de M. Behnke.

---

### *Sur la chaux fluatée de Weserdorf* (Bavière); par M. Schönbein.

(*Pogg. Annal.*, t. CIV, p. 332.)

Cette chaux fluatée, remarquable par son odeur, renferme, d'après M. Schönbein, une petite quantité d'hypochlorite de chaux. Elle décolore la solution sulfurique d'indigo.

---

### *Analyse de Carnallite;* par Siewert.

(*Heintz, Zeitschrift für gesc. Naturw.*, t. XI, p. 348.)

Carnallite blanche de Stasfurt :

| MgCl | KCl | NaCl | $CaOSO^3$ | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|
| 36,03 | 27,41 | 0,23 | 1,14 | { 36,33<br>38,01 } | 101,14 |

Ces nombres s'accordent avec la formule précédemment proposée :



$$2MgCl + KCl + 12HO$$

---

### *Sur la mossotite;* par de Luca.

(*Comptes rendus*, t. LXVII, p. 481.)

Prismes vert d'eau associés à des cristaux de spath fluor sur les parois des grottes d'une montagne calcaire près de Gerfalco.

| $CO^2$ | CaO | SrO | CuO | $Fe^2O^3$ | Fl | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 41,43 | 50,08 | 4,69 | 0,95 | 0,82 | traces. | 1,36 | 99,33 |

Paraît être une aragonite colorée par du cuivre.

---

### *Sur le zinc hydro-carbonate d'Espagne;* par T. Petersen et E. Voit.

(*Ann. der Chem. und Pharm.*, t. CVIII, p. 48.)

L'hydro-carbonate de Santander, près Camillas, n'a pas une

composition invariable. Au centre des échantillons frais, elle est représentée par $8ZnO, 3CO^2, 6HO$.

Exposé à une douce chaleur, ce composé perd de l'eau et de l'acide carbonique.

---

### *Sur l'alumiane*; par BREITHAUPT.

(*Berg. und Hüttenman. Zeit.*, t. XVII, p. 53.)

Sulfate d'alumine anhydre d'une mine de la Sierra-Almagrera, au sud de l'Espagne.

Cristaux blancs microscopiques probablement rhomboédriques. Dureté, 2 à 3. Densité, 2,701 à 2,781. Éclat vitreux. D'après Untendörfer contient 0,37 à 0,38 d'alumine.

Formule : $Al^2O^3, 2SO^3$.

---

### *Sur la Rœmerite*; par GRAILICH.

(*Wien. Acad. Berichte*, t. XXVIII, p. 272.)

Cristaux à faces striées et masses grenues, facilement clivables, couleur de rouille, translucides. Dureté, 2,7. Densité, 2,15 à 2,18. De la mine de Rammelsberg.

Les cristaux appartiennent au type du prisme oblique symétrique :

| $SO^3$ | $Fe^2O^3$ | FeO | ZuO | MnO | CaO | MgO | HO | Résidu insol. | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 41,14 | 20,52 | 6,48 | 1,87 | trace. | 0,58 | trace. | 28,26 | 0,72 | 99,57 |

La formule : $Fe^2O^3, 3SO^3 + ROSO^3 + 12HO$.

---

### *Sur la Kapnicite et la Wavellite*; par G. STAEDELER.

(*Ann. der Chem. und Pharm.*, t. CIX, p. 305.)

Kapnicite de Kapnik :

| $Al^2O^3$ | $PhO^5$ | HO | Fl. | Somme. |
|---|---|---|---|---|
| 39,59 | 35,49 | 24,92 | traces. | 100 |

Formule : $3Al^2O^3, 2PhO^5 + 11HO$.

Si l'on regarde le fluor comme accidentel dans les analyses de la Wavellite, sa formule paraît se réduire à

$$3Al^2O^3, 2PhO^5 + 13HO.$$

Ces deux minéraux, qui d'ailleurs ont les mêmes caractères extérieurs, ne différeraient que par deux équivalents d'eau.

---

### *Sur l'ostéolite de Kratzer-berg*; par M. Dürre.

(*Pogg. Annal.*, t. CIV, p. 155.)

Minéral blanc terreux entre les colonnes de basalte, et produit de sa décomposition dans le voisinage du village de Schönwald, près de Böhmish-Friedland. Densité, 2,828. Attaquable aux acides.

| Ph.O⁵ | CaO | SeO³ | Al²O³ | Fe²O³ | MgO | Cl | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 34,64 | 44,76 | 8,89 | 6,14 | 0,51 | 0,79 | trace. | 2,97 | 98,70 |

Résultats analogues à ceux obtenus par Bromeis dans l'analyse de l'ostéolite provenant de la décomposition de la dolérite de Ostheim (Hanau).

---

### *Sur la triphilline de Bodenmais*; par M. Œsten.

(*Pogg. Ann.*, t. CVII, p. 436.)

Fragments triés avec soin; gris verdâtre clair. Densité, 3,545 à 3,561. Dans le tube décrépitant, donnent une trace d'eau et noircissent. Fondent en perle grise au chalumeau.

| PhO⁵ | FeO | MnO | CaO | MgO | LiO | KO | NaO | SeO³ | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 44,19 | 33,21 | 5,63 | 0,76 | 2,33 | 7,69 | 0,04 | 0,74 | 0,40 | 100,05 |



3RO,PHO⁵.

---

### *Sur la calcoferrite*; par J. R. Blum.

(*Jahrb. für Mineralogie*, 1858, p. 287.)

Rognons fibreux rayonnés, à surface drusique, avec un clivage facile et des traces de deux autres clivages plus difficiles provenant probablement du Rattenberg, en Bavière rhénane. Dureté, 2,5. Densité, 2,52 : 2,53.

Translucide sur les bords; jaune de soufre; d'un éclat nacré sur les faces de clivage; poussière jaune clair. Fusible au chalumeau en un globule noir altérable à l'aimant. Attaquable par l'acide chlorhydrique.

| PhO⁵ | Fe²O³ | Al²O³ | CaO | MgO | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 34,01 | 24,34 | 2,90 | 14,31 | 2,65 | 20,56 | 98,17 |

---

### *Sur quelques minéraux de la mine de Mercédès, près Coquimbo* (Chili); par M. FIELD.

(*Journ. für prakt. Chem.*, t. LXXVI, p. 430.)

Des cristaux d'apatite colorés en vert se trouvent vers le haut de la mine; ils contiennent du cuivre et 1 à 2 p. 100 d'eau. On y trouve également la tagilite en masses fibreuses rayonnées, la libéthénite et des cristaux d'un bleu turquoise composés de

| CaO | $PhO^5$ | CaO | CaCl | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|
| 20,93 | 37,69 | 36,64 | 2,33 | 2,32 | 99,91 |

### *Sur les phosphates de cuivre;* par BERGEMANN.

(*Pogg. Annal.*, t. CIV, p. 190.)

La libéthénite de Hongrie et la phosphorocalcite de Linz, sur le Rhin, contiennent des quantités notables d'acide arsénique.

### *Sur la boracite de Lunébourg et la Stassfurtite de Stassfurth;* par J. POTYKA.

(*Pogg. Annal.*, t. CVII, p. 433.)

M. H. Rose avait trouvé le chlore dans la boracite, MM. Ludwig et Heintz dans la Stassfurtite.

La boracite et la Stassfurtite, soigneusement lavées et séchées à 100°, ont la composition suivante :

| | Cl Mg. | MgO | FeO | $BoO^3$ | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Boracite. . . | 10,90 | 25,24 | 1,59 | 62,91 | 0,55 | 101,19 |
| Stassfurtite. | 10,73 | 26,15 | 0,40 | 60,75 | 1,95 | 99,98 |

Boracite. . . . . $2(3MgO,4BO^3) + MgCl$.

Stassfurtite. . . $2(3MgO,4BO^3) + MgCl + HO$.

### *Nouvelle analyse de la Stassfurtite de Stassfurth;* par M. HEINTZ.

(*Chemisches Centralblatt*, t. IV, p. 130.)

| Cl | Mg | MgO | $F^2O^3$ | $BaO^3$ | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8,14 | 2,84 | | | | | |
| 10,98 | | 25,74 | 0,43 | 61,22 | 1,63 | 100 |

Formule : $2(3MgOBO^3) + MgClHO$.

### *Sur la tinkalzite*; par W. KLETZINSKY.

(*Chemisch. Centralblatt*, t. IV, p. 870.)

Ce minéral, d'abord assimilé à la Rhodizite de Mursinsk (Sibérie), vient de la côte occidentale d'Afrique, et présente avec le premier de notables différences.

Il est en rognons à cassure fibreuse, d'un blanc éclatant. Dureté, 1,5. Densité, 1,92. Partiellement soluble dans l'eau, totalement dans l'acide acétique :

| $BoO^3$ | Cl | $SO^3$ | CaO | NaO | HO | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 36,91 | 1,33 | 0,50 | 14,02 | 10,13 | 37,40 | 100,29 |

ou

| | | |
|---|---|---|
| Borate de chaux | $CaOBO^3 + 2HO$ | 40,96 |
| Borax | $NaO, 2BO^3 + 10HO$ | 52,91 |
| Chlorure de sodium | | 2,20 |
| Sulfate de soude et de magnésie | | 0,88 |
| Eau | | 3,05 |

---

### *Sur la Schrötterite de Chérokée* (Alabama); par M. MALLET.

(*Sillim. Journ.*, 2e série, t. XXIV, p. 79.)

Substance en incrustations ou stalactites dans un schiste bitumineux. Sans traces de cristallisation. Cassure ressemblante à celle de la gomme; translucide; de teinte faiblement brune. Raclure blanche. Éclat vitreux ou peu résineux. Cassure conchoïdale. Très-fragile. Dureté, 3,5. Densité, 1,974. Dans le tube donne de l'eau acide. Blanchit au chalumeau, se colore ensuite, puis redevient incolore, infusible. Fait gelée avec l'acide hydrochlorique.

Schrötterite de Chérokée selon Mallet :



$$4(Al^2O^3)SiO^3 + 20HO.$$

Schrötterite de Freienstein (Styrie.) selon Schrötter :



$$4(Al^2O^3)SiO^3 + 18HO.$$

Dans la première, 0,74 p. 100 de ZnO;
Dans la seconde, traces de CuO.

---

### *Sur l'Auerbachite*; par R. HERMANN.

(*Bull. de la Soc. des Naturalistes de Moscou*, 1858, p. 86.)

Petits octaèdres à base carrée, d'un brun grisâtre, d'un éclat gras peu prononcé. Dureté, 6,5. Densité, 4,06. Trouvés

dans un schiste siliceux près du village d'Anatolia, gouvernement d'Ekaterinosolaw.

Angle latéral, 86°,30. Angle culminant, 121°.

Infusible au chalumeau; difficilement soluble dans le borax; complétement décomposable par l'hydrate de potasse, lorsqu'il est en poudre fine.

| $SiO^3$ | $ZrO^3$ | FeO | Perte au feu. | Somme. |
|---|---|---|---|---|
| 42,91 | 55,18 | 0,93 | 0,95 | 99,97 |

Ce minéral est un zircon altéré.

---

*Sur la siénite zirconienne de Fredrikvaern*; par BERGEMANN.

(*Pogg. Annal.*, t. CIV, p. 118.)

Cette roche renferme, outre ses minéraux constituants, des masses d'un minéral semblable à l'orthose, mais altéré.

| $SiO^3$ | $Al^2O^3$ | $Fe^2O^3$ | CeO | KO | NaO | CaO | MgO | Perte au feu. | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 61,85 | 16,45 | 1,90 | 5,08 | 3,78 | 7,50 | 0,46 | 1,48 | 1,04 | 99,54 |

Trace de $PhO^5$ et de MnO. Le cérium contenait du lauthane et du didyme.

---

*Sur le microcline*; par BREITHAUPT et UTENDÖRFER.

(*Berg. und Huttenman. Zeitung*, t. XVII.)

Espèce feldspathique du type oblique, avec quelques différences dans les angles. De Kangerdluarsuk (Groënland). Se trouve avec la sodalite et l'eudyalite.

| $SiO^3$ | $Al^2O^3$ | $Fe^2O^3$ | CaO | MgO | KO | NaO | Somme. | Densité. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 66,9 | 17,8 | 0,5 | 0,6 | trace. | 8,3 | 6,5 | 100,6 | 2,58 à 2,60 |

---

*Sur l'unionite*; par BRUSH.

(*Sill. Am. Journ.*, 2e série, t. XXVI, p. 69.)

On avait reconnu pour de l'oligoklase un minéral d'abord analysé comme unionite de B. Silliman.

L'échantillon original a donné :

| $SiO^3$ | $Al^2O^3$ | $Fe^2O^3$ | CaO | MgO | Perte. | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 40,61 | 33,44 | 0,49 | 24,13 | trace. | 2,22 | 100,89 |

Cette composition rapproche le minéral de la zoisite.

---

### *Sur la pélicanite;* par OUCHAKOFF.

(*Journ. für prakt. Chem.*, t. LXXIV, p. 254.)

Minéral verdâtre amorphe, translucide sur les bords f mant la base des granites du district de Berditchew. Insolu dans l'acide chlor. Densité, 2,256. Dureté, 3,5.

| Quartz. | $SiO^3$ | $Ph^2O^5$ | $Al^2O^3$ | CaO | $Fe^2O^3$ | MgO | KO | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10,30 | 58,90 | 0,16 | 20,49 | trace. | 0,39 | 0,50 | 0,29 | 8, |

Paraît provenir de la décomposition d'un feldspath.

---

### *Sur la chalcodite;* par G. J. BRUSH.

(*Sillim. Journ.*, 2e série, t. XXV, p. 198.)

Substance en lamelles minces, de couleur bronzée, reg dée par Shépard comme un silicate hydraté de protoxyde fer et de magnésie. Se trouve à Stirling, près Antwerp (J ferson County, New-York). Densité, 2,76. Dureté, 1.

Moyenne de plusieurs analyses :

| $SiO^3$ | $Al^2O^3$ | $Fe^2O^3$ | FeO | MuO | CaO | MgO | NaO,KO | HO | Som |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45,99 | 3,62 | 20,47 | 16,47 | trace. | 0,28 | 4,56 | trace. | 9,22 | 99, |

Formule : $2(RO, SiO^3) + R^2O^3, SiO^3 + 3HO$.

La composition de la chalcodite est voisine de celle de stilpnomélane. Pour se prononcer sur l'identité de ces d minéraux, il faudrait avoir une analyse nouvelle du derni faite surtout en vue de déterminer le rapport du protoxyde du sesquioxyde de fer.

---

## *Sur le métal de carbon du Chili*; par M. Field.

(*Chemical Gazette*, 1858, p. 104.)

Masse d'un noir brillant et d'un aspect analogue à celui de la houille.

I. D'une mine de la province de Coquimbo.

II. De Jambillas (province de Coquimbo).

| | I. | II. |
|---|---|---|
| $MnO^3$.......... | 40,28 | 18,2 |
| CuO........... | 24,71 | 6,5 |
| $SiO^3$.......... | 18,90 | 16,6 (*) |
| $Fe^2O^3$......... | 0,23 | 24,6 |
| HO............ | 15,52 | 4,8 |
| CaO, $Ce^2$........ | » | 28,0 |
| | 99,64 | 98,7 |

(*) Silice et autres matières insolubles.



## *Sur deux minéraux venant de l'Inde centrale*; par M. S. Haugton.

(*Philosoph. Magaz.*, t. XVI, p. 86.)

I. Bislopite, squelette insoluble verdâtre enveloppé de chaux carbonatée.

II. Huntérite minéral feldspathique grisâtre dans un granite à gros grains du Nagpur.

| | $SiO^3$ | $Al^2O^3$ | CaO | MgO | FeO | HO | Somme. | Densité. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | 54,59 | 4,74 | 0,94 | 4,90 | 22,84 | 11,99 | 100 | 2,645 |
| II. | 65,93 | 20,97 | 0,30 | 0,45 | » | 11,61 | 99,24 | 2,319 |

## *Sur la miascite*; par Gages.

(*Journ. für prakt. Chem.*, t. LXXVI, p. 63.)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Chaux carbonatée.......... | 57,48 | | |
| Magnésie carbonatée....... | 40,51 | Silice.... | 68,18 |
| Eau et natures organiques.... | 0,24 | Magnésie . | 28,91 |
| Squelette fibreux asbestiforme.. | 1,59 | Alumine.. | 2,18 |
| | | | 99,27 |

### *Sur les silicates d'Urane;* par M. HERMANN.

(*Journ. für prakt. Chem.*, t. LXXVI, p. 320.)

L'auteur range dans cette catégorie les minéraux suivants, qui, d'après lui, peuvent être compris dans la formule



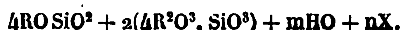
$$4RO\,SiO^2 + 4(R^2O^3\,SiO^2) + mHO + nX,$$

X représente une molécule accessoire de composition variable.

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Oxyde d'urane | 14,41 | 68,45 | 52,37 |
| Protoxyde d'urane | » | » | 28,84 |
| Oxyde de bismuth | 36,06 | 2,67 | 1,23 |
| Peroxyde de fer | 11,95 | 4,54 | 1,88 |
| Protoxyde de fer | 3,27 | » | » |
| Protoxyde de manganèse | » | » | 0,14 |
| Oxyde de plomb | » | 2,51 | 0,74 |
| Chaux | » | 2,26 | 5,78 |
| Magnésie | » | 0,55 | 0,41 |
| Alumine | » | » | 0,33 |
| Eau | 2,40 | 10,06 | 2,50 |
| Silice | 4,4 | 5,00 | 2,45 |
| Acide phosphorique / Acide carbonique | » | traces. | » |
| Cuivre | 10,21 | » | » |
| Argent | traces. | » | » |
| Nickel | 0,97 | » | » |
| Fer | 2,31 | » | » |
| Arsenic | 7,23 | » | traces. |
| Soufre | 5,79 | » | » |
| Fluor ammoniaque | » | traces. | » |
| Galène | » | » | 2,84 |
| Parties insolubles | » | 3,20 | » |

I. Uranochalcite de Joachimsthal;
II. Pittnite de Joachimsthal;
III. Pechblende de Joachimsthal.

La koracite serait représentée par la formule



$$4RO\,SiO^2 + 2(4R^2O^3, SiO^3) + mHO + nX.$$

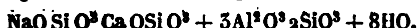
---

### *Analyses de la faröélite et autres minéraux de la Nouvelle-Écosse;* par H. How.

(*Silliman Journal.*, 2e série, t. XXVI, p. 30.)

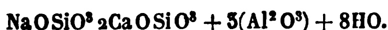
Ces minéraux proviennent de la baie de Fundy. La faröélite, regardée comme une variété de scolézite, serait, d'après l'au-

tour, une espèce nouvelle correspondante à la formule



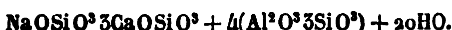
$$NaOSiO^3 CaOSiO^3 + 3Al^2O^3 2SiO^3 + 8HO.$$

La mésolite qui accompagne l'espèce précédente aurait pour formule



$$NaOSiO^3 2CaOSiO^3 + 3(Al^2O^3) + 8HO.$$

L'épistilbite en petits cristaux rhomboédriques rougeâtres et opaques serait représentée par



$$NaOSiO^3 3CaOSiO^3 + 4(Al^2O^3 3SiO^3) + 20HO.$$

---

### *Analyses de l'yttrotitanite;* par RAMMELSBERG.

(*Pogg. Annal.*, t. CVI, p. 296.)

Minéral de Büo, près Arendal { amorphe. Densité, 3,716.
cristallisé, 3,773.

Fusible en perle noire, difficilement soluble dans l'acide chlorhydrique. La solution renferme le fer comme sesquioxyde.

| $SiO^3$ | $TiO^2$ | $Fe^2O^3$ | $Al^2O^3$ | CaO | YO | MnO | MgO | KO | Perte au feu. | Somme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29,48 | 28,67 | 6,75 | 5,45 | 0,29 | 8,16 | trace. | 0,94 | 0,60 | 0,54 | 98,88 |
| 28,50 | 27,07 | 5,60 | 6,24 | 17,15 | 12,08 | trace. | trace. | » | 3,56 | 100,50 |

---

### *Sur les fers titanés;* par RAMMELSBERG.

(*Pogg. Ann.*, t. CIV, p. 497.)

Un grand nombre d'analyses ont conduit l'auteur aux conclusions suivantes :

1° La plupart des fers titanés (tous ceux qui sont cristallisés) renferment un atome d'acide titanique, un atome de protoxyde de fer (FeO peut être remplacé partiellement par MnO, MgO). (Le fer titané de Layton's-farm (États-Unis) contient 14 p. 100 de MgO.)

2° Ce composé défini peut être mélangé de peroxyde de fer, avec lequel il est isomorphe.

3° L'*isérine* renferme des grains dont la composition est $FeOTiO^2$; d'autres $Fe^2O^3 3TiO^2$.

4° La présence du titane dans certains fers oxydulés est due à de simples mélanges.

5° Le fer oligiste de l'île d'Elbe renferme quelquefois du titane et toujours de la magnésie et du protoxyde de fer.

6° Les fers octaédriques du Vésuve, regardés comme fers oligistes, renferment les uns du fer oxydulé, d'autres beaucoup de magnésie (12 à 15 p. 100). Ce sont des pseudomorphoses partielles de fer oxydulé et du composé isomorphe ($MgO Fe^2O^3$).

---

*Sur le fer oligiste octaédrique du Vésuve (magnoferrite)*; par RAMMELSBERG.

En le pulvérisant et séparant sous l'eau la partie altérable à l'aimant, cette partie a donné

| $Fe^2O^3$ | Mg | CaO | Résidu insoluble. | Somme. | Densité. |
|---|---|---|---|---|---|
| 82,91 | 13,00 | 0,99 | 2,51 | 100,01 | 4,568 |
| 83,30 | 13,41 | 0,59 | 2,00 | 99,30 | 4,638 |

Les analyses approchent de $2MgO\,3Fe^2O^3$ et de $3MgO\,4Fe^2O^3$.

En chauffant ensemble dans un mélange d'air et de vapeur d'eau du protochlorure de fer et du chlorure de magnésium, on obtient une masse noire qui, lavée à l'eau et à l'acide acétique, a donné

| $Fe^2O^3$ | FeO | MgO |
|---|---|---|
| 67,47 | 14,42 | 17,94 |
| 69,00 | 12,43 | 16,69 |

représentée à peu près par la formule



$$3(MgO\,FeO)2Fe^2O^3.$$

---

*Sur la tyrite*; par KENNGOTT.

(*Pogg. Annal.*, t. CIV, p. 330.)

L'auteur maintient contre M. Forbes (*Lond. Edinb. and Dubl. Philosoph. Magaz.*, t. 15, p. 91) que le minéral appelé tyrite est identique avec la fergusonite.

---

*Analyse de la tyrite*; par M. J. POTYKA.

(*Pogg. Annal.*, t. CVII, p. 590.)

Minéral de Norwége en petits fragments irréguliers noirs. Densité, 5,12. Dureté de l'apatite. Poussière d'un brun rouge.

On met en regard l'analyse de la pyrite de Forbes et de la fergusonite de Weber :

| | Analyse par Potyka. | Analyse par Forbes. | | Fergusonite par Weber. |
|---|---|---|---|---|
| Acide tantalique | 43,49 | 44,90 | | 48,84 |
| Acide tungstique | 1,35 | » | | » |
| Zircone | 0,80 | » | | » |
| Oxyde d'étain | 0,09 | » | | 6,93 |
| Oxyde de plomb | 0,41 | » | | 0,35 |
| Oxyde de cuivre | 0,35 | » | | » |
| Stria | 31,90 | 29,72 | | 38,61 |
| Protoxyde de cerium | 3,68 | 5,35 | | 3,05 |
| Protoxyde de fer | 1,12 | 6,20 | $Fe^2O^3$ | 1,48 |
| Protoxyde d'urane | 4,12 | 3,03 | $U^2O^3$ | 0,35 |
| Chaux | 1,95 | 0,81 | | » |
| Magnésie | traces. | » | | » |
| Potasse | 7,23 | » | | » |
| Alumine | » | 5,66 | | » |
| Eau | 3,71 | 4,52 | | » |
| | 100,20 | 100,39 | | 99,61 |

Ces analyses paraissent assez différentes à l'auteur pour regarder les matières auxquelles elles s'appliquent comme spécifiquement différentes.

---

## *Sur la météorite tombée à Kaba* (Hongrie), le 15 avril 1857; par M. WAHLER.

(*Annal. der Chem. und Pharm.*, t. CIX, p. 349.)

Cette météorite est noire, couleur due à du charbon amorphe.

| | |
|---|---|
| Charbon libre | 0,58 |
| Fer | 2,88 |
| Nickel | 1,37 |
| Cuivre | 0,01 |
| Fer chromé | 0,89 |
| Pyrite magnétique | 3,55 |
| Protoxyde de fer | 26,20 |
| Protoxyde de manganèse | 0,05 |
| Magnésie | 22,39 |
| Alumine | 5,28 |
| Chaux | 0,66 |
| Alcalis | 0,30 |
| Silice | 34,24 |
| Cobalt / Phosphore | traces. |
| | 98,50 |

Outre le charbon libre, cette météorite contient une matière organique analogue à certains hydrocarbures minéraux, comme l'ozokérite ou la Scheerérite. Cette matière, soluble dans l'alcool bouillant, est incolore, cristalline, d'une odeur aromatique. Soluble partiellement dans l'éther, le résidu est en gouttes huileuses. Chauffée à l'air, elle se volatilise en fumées blanches aromatiques. Dans le tube, elle se décompose en laissant un résidu de charbon.

Une météorite, tombée le 13 octobre 1838 à Bokkeveld, à 70 milles du Cap, contient 1,67 de charbon amorphe et 1 p. 100 environ d'une matière semblable à la précédente (*Sitzungs bericht der Vien Acad.*, mars 1839).

L'aérolite tombée à Alais (Gard), le 15 mars 1806, a donné à Berzélius du charbon et une matière soluble dans l'eau donnant à la distillation du charbon, de l'acide carbonique et de l'eau.

---

## *Sur la météorite de Montrejau*; par M. DAMOUR.

(*Comptes rendus*, t. XLIX, p. 31.)

Composition générale.

| | |
|---|---|
| Alliage et phosphures de fer, nickel et cuivre | 11,60 |
| Pyrite magnétique | 3,74 |
| Fer chromé | 44,83 |
| Pyroxène albite | 38,00 |
| | 98,17 |

Composition des grains métalliques.

| | |
|---|---|
| Fer | 74,41 |
| Nickel | 8,22 |
| Cuivre | traces. |
| Magnésie | 1,20 |
| Silice gélatineuse | 3,10 |
| Silicates et fer chromé | 13,71 |
| | 100,64 |

Masse séparée des grains métalliques.

| | |
|---|---|
| Silicates solubles (Péridot) | 54,12 |
| Silicates insolubles | 45,88 |
| | 100,00 |

Les silicates insolubles paraissent se rapprocher du pyroxène avec un peu de feldspath.

M. Damour a constaté que le péridot et une portion très-

notable de mésotype, ockénite, gadolinite était soluble dans l'acide acétique aussi bien que dans l'acide nitrique ou chlorhydrique.

---

*Sur la présence du chrome oxydé au Val-d'Ajol* (Vosges), par M. FOURNET.

(*Comptes rendus*, t. XLIX, p. 600.)

Se trouve dans un filon de quartz qui renferme du fer oligiste. Colore le quartz en vert ou forme des croûtes et enduits superficiels.

---

*Pseudomorphose de l'aragonite en cuivre natif*; par SÖCHTING.

(*Pogg. Annal.*, t. CIV, p. 332.)

Des cristaux hexagonaux de cuivre natif de Corocora enveloppaient un noyau calcaire d'aragonite.

---

*Sur le mellite*; par M. OUCHAKOFF.

(*Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. XXXIV, p. 209.)

Il se trouve en cristaux adhérant à du bois bitumineux dans la mine de Dmitrirwsk (district de Nertschinsk).

---

*Sur la krantzite*; par BERGEMANN.

(*Journal für Prakt. Chem.*, t. LXXVI, p. 95.)

Résine jaune claire ou verdâtre translucide, un peu ductile et élastique. Densité 0,968, ordinairement recouverte d'une croûte jaune opaque. Se trouve dans le lignite de Lattorf, près Bernburg; fusible à 225° sans altération, à 300° distille une huile brune. Sans acide sociénique ou formique. Brûle sans résidu. 6 p. 100 soluble dans l'éther. 4 p. 100 dans l'alcool; insoluble dans les alcalis. Solution brun-rouge dans l'acide sulfurique. Précipitable par l'eau.

---

### *Action des solutions salines sur quelques silicates;* par H. Eichhorn.

(*Pogg. Annal.*, t. CIV, p. 126.)

Certaines zéolites réduites en poudre, font échange partiel de bases avec des solutions salines étendues. La chabasie prend de la soude et perd de la chaux par digestion dans une solution de sel marin. Même résultat avec une solution de chlorhydrate d'ammoniaque.

---

### *Production artificielle de l'anhydrite;* par M. Th. Simmler.

(*Chem. Gazette*, p. 223.

S'obtient en feuillets clivables dans la préparation de la lithine, par fusion de la lépidolithe avec le gypse; ou en fondant le gypse avec le sel marin.

---

### *Production artificielle de l'azurite;* par M. Debray.

(*Comptes rendus*, 1860.)

L'azurite $3CuO\,2CO^2, HO$ s'obtient en laissant réagir sous pression dans des tubes scellés de l'azotate de cuivre sur la craie; le carbonate verdâtre formé d'abord, se transforme ensuite en azurite. Un carbonate alcalin soluble formerait un sel double.

---

### *Sur la structure microscopique des cristaux;* par H. C. Sorby.

(*Quarterly Journ. of the Geolog. Society*, t. XIV, p. 453.)

L'auteur prouve d'abord, par des expériences synthétiques, que les cristaux formés par dissolution renferment presque toujours des cavités polyédriques closes présentant *en creux* leur forme cristalline. Ces cavités, au moment de la cristallisation, sont entièrement remplies d'eau-mère; si cette eau-mère se contracte ensuite par refroidissement, elle laisse un vide partiel; la bulle de vapeur est d'autant plus grosse relativement au liquide que l'abaissement de température a été plus considérable.

On peut donc conclure de l'observation, la température propre à la formation du cristal, soit en mesurant la chaleur capable de ramener le liquide à remplir toute la cavité, soit en la calculant d'après le rapport du plein au vide et d'après les lois connues de la dilatation de la solution emprisonnée.

En général, les cavités sont d'autant plus nombreuses et plus petites que la cristallisation a été plus rapide, souvent assez nombreuses pour que les cristaux deviennent blancs et opaques.

Quand les cristaux sont formés par sublimation, les cavités ne contiennent jamais de fluide, mais des gaz et des vapeurs.

Quand ils résultent d'une fusion ignée, les choses se passent jusqu'à un certain point comme dans le premier cas, mais les cavités sont remplies, soit du dissolvant vitreux, s'il se solidifie lentement sans changement brusque de structure, soit de dissolvants pierreux s'il a cristallisé lui-même par solidification subite. Dans ce dernier cas, il dépolarise souvent la lumière; dans le premier il n'a pas plus d'action que du baume de Canada solidifié.

Les conclusions suivantes s'appliqueront donc aux cristaux naturels :

1° Ceux qui renfermeront seulement des cavités à liquide seront formés par solution;

2° Ceux qui renfermeront seulement des cavités à remplissages vitreux ou pierreux seront formées par fusion ignée;

3° Ceux qui contiendront ces deux espèces de cavités seront formés sous forte pression, par l'influence combinée d'une eau fortement échauffée sur une roche fondue;

4° Ceux qui contiendront seulement des cavités sèches seront formés par sublimation;

5° Les cristaux renfermant peu de cavités seront formés lentement comparativement à ceux qui en renferment beaucoup.

Le sel gemme, le spath des tufs modernes de certains filons, des calcaires ordinaires, le gypse des marnes ont dû se former par solution aqueuse, dans des conditions peu différentes des conditions actuelles.

Même conclusion pour beaucoup d'autres minéraux de filons, de diverses roches, de zéolites.

Les minéraux des micaschistes et des roches associées ont

dû se former sous l'action de l'eau chaude et non par fusion sèche.

Les minéraux des laves se sont déposés par fusion ignée comme ceux des laitiers et scories ; dans quelques blocs rejetés par les volcans, les minéraux (par exemple nephéline ou meïonite) ont dû se former au rouge sombre en présence de l'eau.

Dans les roches trappéennes, les minéraux ont eu une formation originairement ignée, ils ont été altérés par une action subséquente de l'eau qui a déposé dans leurs cavités beaucoup de minéraux en petits cristaux.

Dans les filons quartzeux, le quartz a été rapidement déposé d'une solution aqueuse et souvent à une température élevée 165°C et au-dessus ; elle était encore plus élevée pendant la formation du mica et probablement souvent pendant celle du feldspath.

Ceci montrerait comme l'a soutenu M. E. de Beaumont, un passage graduel des filons quartzeux au granite.

Les éléments du granite, loin du contact des roches stratifiées contiennent des cavités à fluides, principalement le quartz des granites à gros grains très-quartzeux, dans lequel un pouce cube en contient quelquefois mille millions, et où l'eau emprisonnée fait un à deux pour cent du volume du quartz. Cependant, à côté de ces cavités à fluides, le feldsphath montre de belles cavités à remplissage pierreux tout à fait analogue à celle des laitiers, des scories ou des laves éruptives ; de sorte que les conditions de formation sont tout à fait comparables à celles des minéraux propres aux blocs rejetés par les volcans modernes.

Ces expériences intéressantes pour la géologie, ne sont pas moins instructives pour l'analyse minéralogique ; elles montrent des éléments étrangers, même dans des cristaux parfaits aussitôt qu'ils sont nébuleux.

Que seront alors les minéraux à peine cristallisés, pierreux, altérés, les matériaux de rebut qu'on réserve trop souvent pour l'analyse. On n'hésite pourtant pas à faire place dans les formules à tous les éléments qu'elle y rencontre, sauf à justifier des associations passablement singulières par des théories chimiques non moins étranges.

---

# EXPÉRIENCES

## SUR LES MARTEAUX PILONS A CAMES ET RESSORTS ET SUR LA DURETÉ DES CORPS.

Par M. CLARINVAL, capitaine d'artillerie, professeur de mécanique appliquée à l'Ecole d'application de l'artillerie et du génie.

## CHAPITRE PREMIER.

### DESCRIPTION GÉNÉRALE DES MARTEAUX-PILONS A CAMES ET A RESSORTS. EXAMEN DE LEURS PROPRIÉTÉS.

**But de ce mém**

Un ingénieur civil, M. Schmerber, a doté l'industrie, en 1848, d'un marteau-pilon que l'on rencontre aujourd'hui dans plusieurs ateliers de construction; aucun travail n'ayant encore paru sur cette machine, je me suis proposé de déterminer son effet utile ainsi que le travail moteur qu'elle consomme et par suite de connaître son rendement.

**Descripti du marte Schmerbe ses propri**

La Pl. I, *fig.* 1, 2 et 3, représente un marteau Schmerber qui fonctionne depuis plusieurs années dans les ateliers de construction du chemin de fer de l'Est établis à Montigny, et sur lequel les expériences ont été faites. On voit qu'une came *c* recevant un mouvement de rotation à l'aide d'une courroie qui passe sur une poulie P, vient agir d'abord par un choc et ensuite par pression sur le fond d'une boîte B reliée à la masse du marteau, convenablement évidé pour le passage de la came. M. Schmerber a construit cette boîte de manière à éviter, au moins en grande partie, la perte de force vive qui provient toujours de la transmission du mouvement par le choc; sur le culot mobile *c'* repose la tête d'une tige de fer *ab* qui

traverse une série de rondelles en caoutchouc superposées mais séparées les unes des autres par des disques métalliques (voir la coupe, *fig.* 2).

Il résulte de cette disposition que ces rondelles élastiques, comprimées tout d'abord par l'action de la came, se détendent ensuite et contribuent au soulèvement du marteau, en restituant une partie notable du travail absorbé tout d'abord par la compression.

Le marteau soulevé par la came est dirigé dans son mouvement par les deux montants verticaux V; si l'appareil se réduisait à ce qui précède, la masse M, par suite de la vitesse avec laquelle tourne la came, monterait à une assez grande hauteur, pour retomber ensuite; mais l'inventeur de l'appareil a préféré limiter la marche ascensionnelle du marteau et sacrifier un peu de la force des coups, pour en augmenter la fréquence. Il obtient ce résultat en plaçant, à la partie supérieure des montants verticaux, une boîte analogue à la précédente; dès lors, la boîte inférieure vient dans son ascension choquer la boîte supérieure; toutes deux se compriment d'abord et restituent ensuite, en se débandant, une partie de la force vive perdue dans ce second choc.

L'effet de ce système de renvoi élastique est donc évidemment de diminuer la force du coup sur la pièce à forger; mais l'ascension du marteau étant limitée, et sa descente étant accélérée, on obtient une plus grande fréquence de coups.

L'emploi de ce marteau est donc avantageux pour forger des fers de petit échantillon qui, se refroidissant très-rapidement, exigeraient un plus grand nombre de chaudes pour arriver à une forme déterminée, si le marteau marchait lentement.

Il suit évidemment de cette description que la dé-

tente de la boîte inférieure doit être terminée au moment où la came abandonne le marteau; c'est une condition nécessaire pour que l'on obtienne à l'aide de cette machine le rendement maximum.

## CHAPITRE II.

### EXPÉRIENCES EFFECTUÉES SUR LE MARTEAU SCHMERBER DE MONTIGNY POUR DÉTERMINER SON EFFET UTILE ET SON RENDEMENT.

Descriptio du procédé e périmentati Compte ren des expérie ayant pour de détermi l'influenc du renvo élastique

On verra plus loin de quelle utilité était la connaissance de l'influence du renvoi élastique; pour l'obtenir j'ai employé la marche suivante.

J'ai fait couler un certain nombre d'enclumes en plomb, métal qui, vu son peu d'élasticité, paraît parfaitement propre à conserver les impressions de la panne du marteau et j'ai, dans une première série d'expériences, fait tomber le marteau sur ces enclumes en tournant lentement le volant V' à la main, c'est-à-dire en annulant entièrement le rôle du renvoi élastique.

Le tableau suivant indique la moyenne des résultats obtenus dans un grand nombre d'expériences; à côté des profondeurs d'impressions produites par un certain nombre de coups de marteau, j'ai mis en regard les hauteurs de chute résultant de ce nombre de coups.

TABLEAU N° 1. — *Expériences sur la comparaison du plomb en éliminant le renvoi élastique.*

| NOMBRE de coups. | PROFONDEUR des impressions en millimètres. | HAUTEURS de chute totales en mètres ou $\Sigma(h)$. | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|
| 10 | 6,50 (*a*) | 2,03 | (*a*) La panne du marteau avait $0^m,07$ sur $0^m,04$. Le plomb employé aux expériences est celui qui, dans le commerce, est connu sous le nom de Plomb de France. — C'est le plus pur et le plus cher. |
| 15 | 10,00 | 3,069 | |
| 20 | 13,00 | 4,12 | |
| 25 | 15,00 | 5,19 | |
| 30 | 16,50 | 6,26 | |

Le marteau tombait au premier coup d'une hauteur de $0^m,20$, et dans chacun des coups successifs il tombait d'une hauteur égale à $0,20 + e$, $e$ étant la profondeur de l'impression déterminée par les coups précédents.

Cela posé, l'ensemble des dix premiers coups a produit une impression de $0^m,0065$; on peut supposer, sans grande erreur, que, pendant ces dix premiers coups le marteau s'est enfoncé chaque fois de la même profondeur; par suite en désignant par $h_1 h_2 h_3 h_4 \ldots h_{10}$ les hauteurs de chute relatives à chacun de dix coups successifs, on a :

$$h_1 = 0,20$$
$$h_2 = 0,20 + \frac{0,0065}{10},$$
$$h_3 = 0,20 + 2\,\frac{0,0065}{10},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$h_{10} = 0,20 + 9\,\frac{0,0065}{10},$$

et par suite

$$h_1 + h_2 + h_3 \ldots\ldots + h_{10} = \Sigma(h) = 2^m,03.$$

La troisième colonne du tableau précédent renferme donc les hauteurs totales $\Sigma(h)$ dont est tombé le marteau dans le nombre de coups indiqués dans la première colonne, et si P est le poids de ce marteau, $P\Sigma(h)$ est le travail mécanique qui a produit, dans chaque période, l'enfoncement indiqué dans la deuxième colonne.

Si l'on trace une courbe ayant pour abscisses les profondeurs d'impression, et pour ordonnées les hauteurs de chute $\Sigma(h)$ correspondantes, on pourra déterminer la hauteur totale dont devra tomber le marteau pour faire une impression donnée entre les limites des expériences, c'est-à-dire entre $0^m,0065$ et $0^m,0165$.

Faisons maintenant marcher le marteau à sa vitesse normale (126 coups en 1′), à l'aide de la machine à vapeur qui le conduit, c'est-à-dire en se plaçant dans les conditions de son travail journalier ; et mesurons encore les profondeurs d'impression dans une enclume semblable à la précédente. On aura les résultats indiqués dans le tableau n° 2.

TABLEAU N° 2. — *Expériences sur la compression du plomb en utilisant le renvoi élastique.*

| NOMBRE de coups. | PROFONDEURS d'impression en millimètres. | HAUTEURS de chute totales en mètres ou $\Sigma(h)$. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| 5 | 8,50 | 1,467 | |
| 10 | 11,50 | 2,964 | |
| 14 | 14,00 | 4,185 | |
| 19 | 16,00 | 5,725 | |

Les hauteurs indiquées ici dans la troisième colonne ont été calculées comme il a été dit précédemment ; au lieu de s'élever à $0^m,20$ au-dessus de l'enclume, le marteau montait moyennement à $0^m,29$, par suite de la rapidité du mouvement de la came.

Ces hauteurs ne sont pas toutefois celles qui produisent réellement les impressions indiquées dans la seconde colonne ; à leur effet s'est joint celui du renvoi élastique.

Pour avoir les hauteurs réelles qui produiraient les enfoncements indiqués, il faut se servir de la courbe relative au tableau n° 1 et chercher les ordonnées correspondantes aux abscisses :

| mill. | mill. | mill. | | mill. |
|---|---|---|---|---|
| 8,50 | 11,30, | 14,00 | et | 16,00 (du tableau n° 2). |

Le tracé donne pour :

| mill. | | m. |
|---|---|---|
| 8,50 | une hauteur de | 2,65 |
| 11,50 | . . . . . . . . . | 3,54 |
| 14,00 | . . . . . . . . . | 4,62 |
| 16,00 | . . . . . . . . . | 5,99 |

donc les quantités :

| m. | | m. | | m. |
|---|---|---|---|---|
| 2,65 | — | 1,47 | ou | 1,18 |
| 3,54 | — | 2,96 | ou | 0,58 |
| 4,62 | — | 4,18 | ou | 0,44 |
| 5,99 | — | 5,72 | ou | 0,27 |

indiquent en hauteur de chute l'influence du renvoi ; du reste, en traçant une seconde courbe relative au tableau n° 2, la partie de l'ordonnée comprise entre les deux courbes déterminera, pour chaque profondeur d'impression ou abscisse, l'augmentation de chute produite par l'action du renvoi.

Ce tracé donne pour des

| | mill. | | m. |
|---|---|---|---|
| Enfoncements de | 8,50 | des augmentations de chute de | 1,18 |
| — | 10,00 | . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,02 |
| — | 11,50 | . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,58 |
| — | 13,00 | . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,64 |
| — | 14,00 | . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,44 |
| — | 15,00 | . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,24 |
| — | 16,00 | . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,27 |

Concluons de là que l'influence du renvoi élastique diminue rapidement avec le nombre de coups ; que son minimum paraît être atteint vers le quatorzième coup, et avoir, à partir de cet instant, une valeur à peu près constante (en chute) d'environ $0^{m},08$ par coup.

Cette diminution provient de ce que la grande rapidité du mouvement ne permet pas au caoutchouc de reprendre, dans l'intervalle de deux coups consécutifs, sa forme primitive.

Ces résultats sont parfaitement d'accord avec les remarques des chefs d'atelier qui reprochent à cet appareil la prompte altération des rondelles; les ingénieurs de Montigny m'ont affirmé qu'on était obligé d'en remplacer tous les jours au moins une, et souvent deux et trois; on se fera une idée des frais qu'occasionne un pareil marteau, quand on saura qu'une rondelle coûte 2 fr. 10.

Les considérations précédentes permettent de conclure l'effet utile du marteau étudié. Il pèse 106 kilogrammes); par suite: Mesure de l'effet utile.

| | | |
|---|---|---|
| L'ensemble des 5 premiers coups fournit un effet utile de. . . | | km. 106 × 2,65 = 280,90 |
| — | 10 . . . . . . . . . . . . . . | 106 × 3,54 = 375,24 |
| — | 14 . . . . . . . . . . . . . . | 106 × 4,62 = 489,72 |
| — | 19 . . . . . . . . . . . . . . | 106 × 5,99 = 634,94 |

Ce qui donne en moyenne, pour un coup compris

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dans les | 5 | premiers. | km. 56,18 |
| — | 10 | . . . . . . | 37,52 |
| — | 14 | . . . . . . | 34,98 |
| — | 19 | . . . . . . | 33,43 |

tandis que l'on aurait $106 \times 0{,}20 = 30^{km},74$ si l'on éliminait l'action du renvoi.

On devait s'attendre à cette décroissance après les détails qui précèdent sur l'influence du renvoi. J'ai fait, dans ce calcul, abstraction du frottement du marteau dans ses guides, vu sa faible valeur.

Le travail moteur nécessaire pour faire marcher le marteau a été obtenu à l'aide du dynamomètre de rotation, que M. le général Morin avait mis à ma disposition pour les expériences sur le forage des métaux. Mesure du travail moteur.

Le marteau battant 126 coups par minute, j'ai fait

trois séries d'expériences, et j'ai obtenu les moyennes suivantes, pour le travail dépensé en 1'' :

| | km. |
|---|---|
| 1re série . . . . . . . . . . | 121,40 |
| 2e série . . . . . . . . . . | 120,97 |
| 3e série . . . . . . . . . . | 131,25 |

On peut donc admettre que le marteau étudié consomme environ 124km,54 ou 1,66 cheval vapeur par seconde.

Application de la théorie de M. le général Poncelet.

M. le général Poncelet, dans le cours de mécanique qu'il a fait à l'école d'application de l'artillerie et du génie, a donné une savante théorie des pilons et des marteaux. Cette théorie, d'après les calculs de M. le général Morin et de M. le lieutenant-colonel Virlet, permet d'évaluer exactement le travail dépensé par les anciens marteaux à levier.

Appliquée au cas actuel, elle a donné 1,51 chevaux vapeur; un plus grand accord de la théorie avec l'expérience n'est guère possible, surtout si l'on remarque que la valeur à attribuer aux coefficients de frottement que contient sa formule, offre toujours une certaine incertitude.

Si l'on compare le travail utile et le travail moteur, on trouvera, d'après ce qui précède, des rendements très-variables avec le nombre des coups de marteau.

Ainsi le travail utile du marteau, en considérant les deux premières secondes et demie de son action, c'est-à-dire les cinq premiers coups, est de 117km,97 par seconde; si l'on considère les dix premiers coups, c'est-à-dire les cinq premières secondes, l'effet utile est 78km,79; de même les quatorze premiers coups donnent 73km,45, les dix-neuf premiers 70km,30; enfin, après un nombre infini de coups, c'est-à-dire en faisant abstraction du renvoi élastique, on aurait par seconde

64km55. Ces nombres se concluent trop facilement de ce qui précède pour qu'il soit nécessaire de développer ici les calculs.

Le travail moteur étant constant, il résulte de là que le rendement du marteau est pour une seconde :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| En moyenne | pendant | 2″,5 | de travail. . . | 0,92 (1) |
| — | — | 5″,0 | — | 0,63 |
| — | — | 7″,0 | — | 0,59 |
| — | — | 9″,5 | — | 0,54 |

Le rendement ira en diminuant de moins en moins, et convergera vers 0,51, limite inférieure qu'il n'atteindrait qu'au bout d'un nombre infini de coups.

Le rendement du marteau Schmerber est donc bien supérieur à celui des appareils du même genre, car

Comparais de ce marte avec les au appareils du même g

| | | |
|---|---|---|
| Le rendement | des martinets varie entre. . . . | 0,18 et 0,25 |
| — | des marteaux allemands est de. | 0,35 |
| — | des marteaux frontaux. . . . . . | 0,40 |
| — | des marteaux pilons à vapeur. . | 0,40 |

Ces nombres sont ceux qui paraissent, en général, admis par les mécaniciens; je ne les donne pas ici comme résultant d'expériences qui me sont personnelles, n'ayant jamais eu l'occasion ni les moyens de les vérifier.

## CHAPITRE III.

### PROBLÈME A RÉSOUDRE POUR AMÉLIORER LES MARTEAU SCHMERBER. EXAMEN DES DIVERS SYSTÈMES PROPOSÉS PAR CE MÉCANICIEN.

Problèm à résoud pour amélio le martea Schmerbe

Ce qui précède, tout en montrant les propriétés utiles et le rendement dynamique avantageux du marteau Schmerber, a mis en évidence son côté faible. Il faut perfectionner le renvoi élastique; il faut non-seu-

(1) On verra plus loin que ce chiffre est peut-être exagéré.

lement qu'il puisse résister, mais encore qu'il reprenne sa forme primitive entre deux chocs successifs et par suite presque instantanément.

ers systèmes proposés par mécanicien.

Cette difficulté paraît n'avoir pas échappé à l'inventeur, et c'est probablement pour la résoudre qu'il a employé postérieurement un autre système de ressorts qui se compose d'un cylindre en caoutchouc évidé dans son axe pour recevoir un ressort à boudin ; le cylindre est garni de toile extérieurement et consolidé par des cercles en fer (*fig.* 3).

L'idée du ressort métallique me semble heureuse, seulement je reprocherai à ce système de ne plus permettre le remplacement d'une rondelle séparée ; le moindre accident exige un nouveau cylindre et par suite entraîne à de grands frais.

La solution du problème me paraît être dans l'emploi simultané d'un certain nombre de ressorts métalliques en excluant le caoutchouc ; néanmoins cette voie me semble être abandonnée par M. Schmerber qui vient d'offrir à l'industrie un troisième système de renvoi. Dans cette nouvelle machine, le marteau est fixé à un piston qui se meut dans un cylindre à vapeur ; l'élévation est produite par une came et un excentrique, placé sur son arbre, fait marcher un tiroir qui permet, quand le piston est arrivé au haut de sa course, l'introduction d'une certaine quantité de vapeur pour rabattre le marteau sur la pièce à forger.

Je n'ai encore rencontré ce nouveau mécanisme dans aucune usine et n'ai pu, par suite, en apprécier l'utilité ; mais il paraît, *à priori*, très-propre à augmenter à la fois la force et la fréquence du coup.

Pour donner une idée complète des travaux de M. Schmerber, j'ajouterai que ce mécanicien emploie dans ses marteaux deux tracés différents pour la came ;

tantôt elle a la forme d'une développante de cercle et elle agit comme l'indique la *fig.* 1, sur une boîte élastique; tantôt elle affecte la forme d'une spirale d'Archimède, n'élève le marteau qu'à une très-faible hauteur et n'exige plus alors l'emploi de la boîte inférieure. Enfin, dans tous les systèmes, on peut faire varier le nombre de coups, sans agir sur le moteur, en donnant plus ou moins de prise à la courroie sur la poulie de transmission.

M. Armengaud a donné, dans le *Génie industriel* (année 1859), un tableau de la force approximative qu'exigent les différents systèmes de marteaux Schmerber; je le reproduis ici pour montrer jusqu'à quel point il est confirmé par les expériences citées précédemment.

TABLEAU N° 3. — *Renseignements pratiques sur les marteaux Schmerber.*

| DIVERS SYSTÈMES. | POIDS des pilons. | FORCE approximative en chevaux. | NOMBRE de coups par minute. |
|---|---|---|---|
| | kil. | | |
| Système représenté par les *fig.* 1 et 2. | 45 à 50 | 0,75 | 180 |
| | 85 à 95 | 1,50 | 160 |
| | 160 à 180 | 2,50 | 130 |
| | 240 à 260 | 3,50 | 115 |
| | 350 à 380 | 6,00 | » |
| | 550 à 650 | 8,00 | » |
| Came en spirale sans boîte inférieure. | 130 à 120 | 6 à 8 | 280 à 300 |
| | 70 à 90 | 3 à 5 | 300 à 350 |
| | 40 à 50 | 2 à 3,5 | 300 à 500 |
| Renvoi à vapeur......... | 130 à 130 | 6 à 8 | 280 à 300 |
| | 70 à 90 | 3 à 5 | 300 à 400 |

Le cas du marteau de Montigny pesant $106^{k}$ et battant 126 coups en une minute n'est pas indiqué dans ce tableau; si l'on conclut le travail moteur nécessaire pour le faire marcher en supposant des différences proportionnelles, on trouve $1^{ch},60$ au lieu de $1^{ch},66$; ce

rapprochement tend à confirmer l'exactitude de nos expériences.

## CHAPITRE IV.

### CONSÉQUENCES A DÉDUIRE DES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES RELATIVEMENT A LA RÉSISTANCE DU PLOMB A LA PÉNÉTRATION.

Marche à suivre déterminer la loi résistance lu plomb 'impression.

Les expériences précitées permettent de conclure la résistance qu'oppose le plomb à l'action du marteau.

Si l'on désigne par :

P, le poids du marteau en kilogrammes ;

$h$, la hauteur en mètres dont il tombe au premier coup ;

S, la surface de la panne en millimètres quarrés ;

$e$, la profondeur de l'impression en mètres ;

$k$, la résistance en kilogrammes offerte par le plomb ;

Il est clair que, dans le cas où le renvoi élastique ne fonctionne pas, on a :

$$Ph = kSe,$$

en faisant abstraction toutefois du frottement du marteau dans la glissière pendant la période de descente et de l'élasticité des fondations.

Le second coup de marteau donnerait :

$$Ph_1 = kSe';$$

Le troisième,

$$Ph_2 = kSe''$$

et ainsi de suite.

On aura donc :

$$P\Sigma(h) = kS\Sigma(e + e' + e'' + \ldots..)$$

$k$ est une constante, car les hauteurs $h$, $h_1$ $h_2$,.... sont sensiblement les mêmes.

Cette dernière équation nous permettra donc de calculer les diverses valeurs de la résistance du plomb à l'impression aux diverses profondeurs $e$, $e'$ $e''$..... en substituant les valeurs correspondantes de $h$.

Les valeurs de $k$ sont contenues dans le tableau suivant.

TABLEAU N° 4. — *Valeurs de la résistance offerte par le plomb à la pénétration.*

| POIDS du marteau P. | VALEUR DE S en millimètres quarrés. | VALEURS de $\Sigma(h)$ en mètres. | VALEURS DE $e$ correspondantes à celles de $\Sigma(h)$ en millimètres. | VALEURS DE $k$ en kilogrammes, rapportées au millimètre quarré. |
|---|---|---|---|---|
| kil. 106,00 | 2,800 | 2,03 | 6,50 | 11,82 |
| | | 3,07 | 10,00 | 11,44 |
| | | 4,12 | 13,00 | 12,00 |
| | | 5,19 | 15,00 | 13,11 |
| | | 6,26 | 16,50 | 14,57 |

Ce tableau offre relativement à la première valeur de $k$ une anomalie qui ferait supposer que le premier enfoncement 6,50 n'a pas été mesuré exactement ; par suite la courbe ayant pour abscisses les diverses valeurs de $e$, et pour ordonnées celles de $k$, construite pour déterminer la résistance offerte par le plomb à la pénétration pour une profondeur quelconque aurait un point de départ inexact.

Pour éclairer ce point, et aussi pour voir si $k$ variait sensiblement pour deux hauteurs de chute plus grandes, j'ai appliqué la même équation

$$P\Sigma(h) = kS\Sigma(e)$$

à la seconde série d'expériences, où le marteau venant rencontrer la boîte supérieure tombait d'une hauteur de $0^{m},29$, à laquelle s'ajoutait l'action du renvoi, et j'ai obtenu les résultats suivants :

| | | mill. | | k. |
|---|---|---|---|---|
| Pour des enfoncements de | | 8,50 | les valeurs de $k$ seraient | 11,38 |
| — | — | 11,50 | . . . . . . . . . . . . . . | 11,65 |
| — | — | 14,00 | . . . . . . . . . . . . . . | 12,50 |
| — | — | 16,00 | . . . . . . . . . . . . . . | 14,20 |

Ces valeurs prouvant que $k$ ne varie pas sensiblement avec les vitesses imprimées au marteau dans les expériences indiquées précédemment, et permettant de rectifier la valeur de 11,82, correspondant à l'enfoncement de $6^{mill.}$,50, nous adopterons définitivement les valeurs suivantes :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pour des | enfoncements de | 6,50 | on aura $k =$ | 11,25 |
| — | — | 8,50 | ....... | 11,38 |
| — | — | 10,00 | ....... | 11,44 |
| — | — | 11,50 | ....... | 12,00 |
| — | — | 13,00 | ....... | 11,65 |
| — | — | 14,00 | ....... | 12,50 |
| — | — | 15,00 | ....... | 13,11 |
| — | — | 16,00 | ....... | 14,20 |
| — | — | 16,50 | ....... | 14,57 |

L'erreur d'expériences que je viens de signaler tendrait aussi évidemment à modifier les conclusions relatives à l'influence du renvoi pour la première expérience et le chiffre indiqué (0,92) pour le rendement du marteau qui deviendrait un peu moindre, mais serait toujours au moins 0,85.

La surface de la panne était, comme il a été dit précédemment, de $0^{mc}$,0028 ; l'expérience m'a prouvé que la valeur de $k$ était indépendante de la forme (pourvu qu'elle restât plane) et de ses dimensions ; si la surface S double, $e$ diminue de moitié.

sure ésistance nétration] les corps.

Le nombre $k$ paraît donc très-propre à mesurer la résistance à la pénétration du plomb, et ce métal étant pris pour terme de comparaison, on pourra évaluer les résistances à l'impression des divers corps ; car pour un même travail mécanique dépensé $Ph$, les coefficients $k$ de résistance à la pénétration de deux corps différents seraient en raison inverse des profondeurs d'impression.

Ce principe n'est vrai, toutefois, qu'autant que les hauteurs de chute sont faibles et peu différentes.

Cette méthode a été appliquée à la recherche de la résistance à la pénétration de l'étain. Le mode d'expérimentation a été celui qui avait été adopté dans les premières expériences, on tournait le volant lentement à la main; par suite, le marteau tombait de $0^m,20$ à chaque coup.

Expérien sur la compre de l'étain et amen au blanc soi

J'ai ainsi obtenu les résultats suivants :

TABLEAU N° 5. — *Expériences sur la compression de l'étain.*

| NUMÉROS des expériences. | NOMBRE de coups. | IMPRESSION en millimètres. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 2,00 | L'étain qui a servi aux expériences est celui qui est connu, dans le commerce, sous le nom d'étain français : c'est le plus pur et le plus cher. |
| 2 | 10 | 2,50 | |
| 3 | 15 | 2,80 | |
| 4 | 20 | 3,00 | |

De la comparaison de ces résultats avec ceux du tableau n° 1, il suit que le coefficient de résistance de l'étain est environ 4 fois plus grand que celui du plomb. Enfin j'ai opéré sur du fer très-dur, chauffé à la température adoptée par les forgerons et j'ai obtenu les résultats suivants :

TABLEAU N° 6. — *Expériences sur la compression du fer chauffé au blanc.*

| NUMÉROS des expériences. | NOMBRE de coups. | IMPRESSIONS en millimètres. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 4,5 | |
| 2 | 20 | 5,5 | |
| 3 | 30 | 6,5 | |

La dureté du plomb étant 1, celle du fer ainsi chauffé est donc successivement 1,4, 2,4 et 2,5.

Cette augmentation dans la résistance provient aussi évidemment, dans ce cas, du refroidissement du métal qui vers la fin était passé au rouge cerise.

## CHAPITRE V.

### EXAMEN DES MÉTHODES PROPOSÉES OU EMPLOYÉES ANTÉRIEUREMENT POUR MESURER LA DURETÉ DES CORPS.

Théorie de Prony.

On dit, en général, qu'un corps est plus dur qu'un autre quand il peut le rayer; la dureté des corps est, toutefois, une propriété que les divers auteurs ont considérée sous des points de vue différents.

De Prony, dans son architecture hydraulique, propose une formule pour mesurer la dureté des corps.

Partant des considérations analytiques très-complexes, qu'il serait trop long de reproduire ici, ce savant géomètre arrive à la formule :

$$\rho = \frac{f(h+z)}{\int \varepsilon dz},$$

dans laquelle

$\rho$, est la dureté du corps;

$f$, la quantité de mouvement qu'acquiert un corps dur sous l'action de la pesanteur dans l'unité du temps;

$h$, la hauteur de chute d'un corps dur sur un corps mou immobile;

$z$, la profondeur de l'impression dans le corps mou;

$\varepsilon$, l'aire de cette impression;

On voit que cette formule n'est autre que celle que j'ai employée en la déduisant du principe de l'égalité du travail de l'action et de la réaction; de Prony part donc d'une définition différente de celle qui est ordinairement admise.

La société littéraire et philosophique de Manchester a publié, en 1858, quelques résultats expérimentaux obtenus par MM. Crace-Calvert et Richard Johnson, dans le but de déterminer la dureté des métaux et de leurs alliages. Expérien de MM. Crace-C et Richard Joh

Ces deux auteurs, examinant d'abord la définition de la dureté des corps, font remarquer qu'elle permet de conclure qu'un corps est plus dur qu'un autre, mais qu'elle ne donne aucun moyen de représenter numériquement la dureté.

Après cette conclusion incontestable et connue depuis longtemps, ils décrivent la méthode qu'ils ont employée dans leurs expériences; ils soumettaient chaque corps à l'action d'une pointe conique d'acier de $0^m,007$ de longueur, $0^m,005$ de largeur à la base et $0^m,00125$ au sommet; cette pointe agissait pendant un certain temps, sous une charge qu'on augmentait jusqu'à ce que la pointe eût pénétré à une profondeur de $0^m,0035$, ou bien jusqu'à ce que la rupture du métal se produisît.

Le nombre de kilogrammes employés représente la dureté du corps soumis à l'expérience; prenant alors 1000 pour dureté de la fonte grise n° 3 à l'air froid du Staffordshire, ils ont formé une table indiquant la dureté relative des divers métaux et de leurs alliages. Cette méthode a un point de départ tout à fait différent de celle que j'ai employée et ne donne que les duretés relatives; de plus les auteurs précités paraissent l'avoir trop généralisée, car elle suppose implicitement que la dureté ne varie pas avec la profondeur, ce qui est inexact. Il est fort possible que la dureté du plomb étant 16 et celle de la fonte 1.000 à une profondeur de $0^m,0035$, ces rapports soient différents à d'autres profondeurs.

Cette méthode n'est du reste pas nouvelle; j'ai vu, aux usines de Reischoffen, une machine basée sur la même idée qui sert depuis plusieurs années à apprécier la dureté des fers employés dans la fabrication.

J'extrais toutefois du travail de MM. Crace-Calvert et Johnson des résultats qui peuvent jeter quelque jour sur certaines questions relatives à la construction du matériel de l'artillerie.

Les canons de l'artillerie de terre sont presque tous en bronze, alliage composé réglementairement (en France) de 100 parties de cuivre et de 11 d'étain avec tolérance d'une partie d'étain en plus ou en moins. On sait depuis longtems que le cuivre seul serait trop mou pour résister aux chocs du projectile et à la pression des gaz, et que l'étain qu'on y ajoute jouit, quand il est mis dans des proportions convenables, de la propriété de donner de la dureté à l'alliage. La quantité 11 d'étain a été déterminée par la condition de ne pas rendre le bronze trop ramollissable par la chaleur.

Quelques expériences des auteurs précités ont porté sur des alliages de cuivre et d'étain ayant les compositions indiquées dans le tableau suivant qui contient aussi les nombres représentant leurs duretés relatives.

TABLEAU N° 7. — *Dureté des alliages de cuivre et d'étain d'après MM. Crace-Calvert et Johnson.*

| PROPORTIONS pour 100 de métal. Cuivre. | Étain. | DURETÉ (celle de la fonte étant représentée par 1.000). | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| 93,17 | 6,68 | 602,08 | |
| 91,49 | 8,51 | 639,58 | Ces deux alliages comprennent entre eux l'alliage français. |
| 88,97 | 11,03 | 772,92 | |
| 84,32 | 15,68 | 916,66 | |
| 72,90 | 27,10 | » | Rupture. |
| 68,27 | 31,73 | » | |
| 61,79 | 38,21 | » | |
| 48,17 | 51,83 | » | |
| 34,98 | 65,02 | » | |
| 21,21 | 78,79 | 135,42 | |
| 15,21 | 84,75 | 104,17 | |
| 11,86 | 88,14 | 95,81 | |
| 9,73 | 90,27 | 88,33 | |

On voit d'après ces nombres que :

1° Lorsque l'étain est en excès, la dureté est excessivement faible;

2° La proportion d'étain diminuant la dureté augmente;

3° La proportion d'étain diminuant, le métal devient cassant, dès qu'il y a 78,79 d'étain pour 21,21 de cuivre;

4° La proportion d'étain diminuant encore, le métal reste cassant, jusqu'à ce que le cuivre soit environ les $\frac{4}{5}$ du poids total, sa dureté est alors 916,66 et presque égale à celle du fer représentée par 948.

Concluons de là que la dureté relative de nos pièces de campagne et de siége est d'environ 700 et que 100 de cuivre et 17,40 d'étain donneraient une dureté de 916,66; reste à savoir toutefois si l'alliage ne serait pas déjà trop fusible; néanmoins il y aurait peut-être lieu de rechercher aujourd'hui s'il ne serait pas à propos, au moment de l'adoption d'un nouveau matériel, d'augmenter un peu la proportion d'étain, sans la pousser à la limite ci-dessus indiquée.

Je terminerai la revue de cet intéressant travail en indiquant les nombres qui expriment la dureté relative des métaux.

TABLEAU N° 8. — *Dureté relative des différents métaux d'après MM. Crace-Calvert et Johnson.*

| | |
|---|---|
| Fonte n° 3 à l'air froid de Staffordshire étant. . | 1.000 |
| Acier. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 958 |
| Fer forgé provenant de la fonte ci-dessus . . . . . | 948 |
| Platine. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 375 |
| Cuivre pur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 301 |
| Aluminium. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 271 |
| Argent. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 208 |
| Zinc. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 183 |
| Or. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 167 |
| Bismuth. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| Etain . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 27 |
| Plomb. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 16 |

D'après ce tableau, la résistance de l'étain serait 1,7 de celle du plomb, tandis que j'ai trouvé qu'elle était environ quatre fois plus grande.

Un pareil désaccord est facile à expliquer; les corps soumis à l'expérience par les expérimentateurs anglais étaient chimiquement purs, circonstance qui a été loin d'être réalisée dans notre travail; de plus, le mode d'expérimentation était différent, MM. Crace-Calvert et Johnson ont opéré par des pressions graduelles, et se sont servis d'un corps conique, tandis que j'ai opéré à l'aide de chocs avec un corps prismatique. Le cône permet, dans son introduction, aux molécules du corps pénétré un glissement le long de sa surface, glissement qui se fera plus ou moins suivant sa nature.

Je crois toutefois la méthode que j'ai employée beaucoup plus avantageuse dans la pratique, et je la soumets aux ingénieurs.

# MÉMOIRE

## SUR LA SITUATION COMMERCIALE DES HOUILLÈRES DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS (1).

Par M. DE COMMINES DE MARSILLY, ingénieur des mines.

### INTRODUCTION.

Le traité de commerce intervenu entre la France et l'Angleterre réduit à 0f,15 par 100 kil. le droit à l'entrée sur les houilles anglaises. On sait que la loi de 1841, modifiée par le décret du 24 novembre 1843, fixait les droits pour les arrivages par mer à 0f,30 les 100 kil. des Sables-d'Olonne à Dunkerque, et à 0f,15 de tous autres points; or c'est dans les ports de Dunkerque, Calais, Boulogne, Dieppe et le Havre qu'arrivent les houilles anglaises qui font concurrence à nos houilles du Nord; celles-ci se trouvent donc particulièrement atteintes par cette réduction de droits; quelle en sera l'influence sur la production de nos mines? la diminuera-t-elle? l'empêchera-t-elle de s'accroître? Amènera-t-elle une baisse sensible sur les

(1) Ce mémoire contient une discussion de la législation française, en ce qui concerne le mode de délivrance des concessions, la redevance, soit au profit du trésor, soit au profit des propriétaires du sol, etc. Cette digression aurait pu être supprimée sans nuire à l'ensemble du travail; la commission croit toutefois devoir la conserver, car la discussion est toujours utile. Mais il est bien entendu que la publication de cette partie du mémoire n'implique point l'adhésion aux doctrines qui y sont exposées.

*Par ordre de la commission,*

C.

prix du charbon? nos houillères seront-elles ruinées? ou bien, grâce à l'ensemble des mesures que le gouvernement va prendre, pourront-elles lutter avec avantage, et ne trouveront-elles pas plutôt, dans l'accroissement de consommation rapide qu'amèneront les progrès de notre industrie, une nouvelle source d'agrandissement et de prospérité? Questions graves et délicates qui se présentent aujourd'hui et que l'on ne saurait résoudre sans une étude approfondie de la situation actuelle de nos houillères du Nord.

Cette étude embrasse des élements variés et nombreux. Les diverses qualités de houilles en France, en Belgique et en Angleterre, les conditions d'exploitation des mines, les prix de revient, la position financière des exploitants, la législation à laquelle ils sont soumis, les voies de communication, les prix de vente, la manière dont s'opère le placement de nos houilles et celles de l'étranger sur le marché français : tels sont les divers points qu'il convient de considérer et de comparer entre eux.

Lorsque cet examen comparé sera terminé et que la position de nos houillères aura été clairement établie par des faits bien étudiés, il sera facile d'apprécier les conséquences que peuvent avoir pour elles des modifications apportées aux tarifs des douanes, des changements dans les lois sur les mines et des réductions opérées sur les tarifs des canaux et des chemins de fer.

Quelques chiffres nous donneront de suite une idée de l'importance de ces houillères et de leur situation vis-à-vis de l'étranger.

*Tableau de la production des mines du Nord et des importations étrangères de 1850 à 1858.*

| ANNÉES. | PRODUCTION DU NORD. | | | EXPORTATIONS (1). | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PAS-DE-CALAIS. | NORD. | TOTAL. | BELGIQUE. | | ANGLETERRE. | | AUTRES LIEUX. | | TOTAUX. |
| | | | | Houille. | Coke. | Houille. | Coke. | Houille. | Coke. | |
| 1850 | 194,446 | 10.016.174 | 10.211.200 | 17.070.504 | 1.230.297 | 5.204.743 | 45.516 | 1.926.165 | 425.216 | 25.902.441 |
| 1851 | 235.892 | 10.305.067 | 10.540.959 | 47.503.482 | 1.378.721 | 5.197.334 | 17.389 | 1.988.852 | 497.872 | 26.583 650 |
| 1852 | 370.690 | 10.728.458 | 11.099.448 | 17.701.677 | 1.693 986 | 5.598.861 | 26.392 | 2.406.419 | 520.625 | 28.107.960 |
| 1853 | 666.980 | 14.292.061 | 14.959.041 | 19.655.872 | 2.328.803 | 5.634.137 | 19.205 | 2.955.638 | 715.219 | 31.308 874 |
| 1854 | 1.139.400 | 15.363.795 | 16.503.195 | 21.421.120 | 3.112 858 | 5.903.367 | 21.200 | 3.923.442 | 1.348.375 | 35.730.362 |
| 1855 | 1.535.780 | 16.015.505 | 17.551.205 | 25.254.995 | 3.443.361 | 7.526.811 | 23.318 | 5.389.808 | 1.588.615 | 43.226.908 |
| 1856 | 2.690.900 | 15.777.367 | 18.468.267 | 24.194.469 | 3.177.279 | 8.833.801 | 45.622 | 6.128.532 | 1.737.059 | 44.116.762 |
| 1857 | 3.997.000 | 15.980.235 | 19.977.235 | 24.659.059 | 2.779.211 | 10.556.160 | 64 949 | 6.789.361 | 2.109.123 | 46.957.893 |
| 1858 | 4.700.000 | 16.000.000 | 20.700,000 | 26.862.382 | 2.727.712 | 11.374.656 | 55.619 | 7.294.027 | 2.015.621 | 50.270.017 |

(1) Les nombres relatifs aux importations sont empruntés à l'ouvrage de M. Burat, qui a pour titre : *Situation de l'industrie houillère en* 1859, page 81.

Ce tableau montre que si la production du Nord de la France s'est beaucoup accrue dans ces dernières années, les importations belges et anglaises ont suivi une progression plus rapide encore; notre production est restée à peu près stationnaire en 1858 et 1859, tandis que les importations se sont accrues.

Tous les combustibles importés de Belgique viennent faire concurrence à ceux de nos bassins du Nord; parmi les importations de houilles anglaises, la moitié environ arrive sur leur marché; les autres pays étrangers n'y envoient point; c'est donc avec les houillères de Belgique et d'Angleterre, c'est-à-dire avec les houillères les plus importantes et les plus riches de l'Europe, que nos charbonnages du Nord ont à lutter. Nous voyons qu'en 1858 ils ont placé, nombres ronds, 20.000.000 quintaux métriques contre 30.000.000 quintaux métriques de houilles belges et 6.000.000 quintaux métriques de houilles anglaises; la France consomme aujourd'hui environ 120.000.000 quintaux métriques par an; les quantités que nous considérons, 56.000.000 quintaux métriques, représentent près de la moitié de sa consommation totale. Elles se placent en Normandie, à Paris et aux alentours, dans le Nord, près de la frontière belge et dans les départements qui l'avoisinent; le bassin du Nord entre pour plus d'un tiers dans l'approvisionnement de ces contrées; il figure pour un sixième dans celui de la France entière.

## I.

Comparaison entre la nature et la quantité des houilles françaises, et la nature et la qualité des houilles belges et anglaises.

On rencontre dans le Nord de la France des houilles de même nature et de même qualité que celles que nous envoient la Belgique et l'Angleterre. Dans un travail que nous avons fait sur les houilles de Belgique

et du Nord de la France, nous avons été conduit à les diviser en six catégories :

1° Houilles maigres ;

2° Houilles demi-grasses ou demi-maigres ;

3° Houilles grasses maréchales à longue flamme ;

4° Houilles dures ou grasses maréchales à longue flamme ;

5° Houilles grasses à longue flamme ;

6° Houilles sèches à longue flamme.

Nos houilles maigres ne le cèdent en rien à celles de Charleroi pour la cuisson de la brique et de la chaux ; elles remplacent avantageusement l'anthracite, qui nous manque ainsi qu'à la Belgique, et que le pays de Galles produit en si grande abondance (1) ; leur gisement est riche et vaste, et les veines sont puissantes et régulières.

Notre production en houilles demi-grasses n'est point considérable ; peu de mines en produisent ; de plus, le charbon qui sort de la fosse n'est point gailleteux, et ne donne pas beaucoup de gros. En Belgique, au contraire, un grand nombre de mines produisent cette espèce de charbon, et il s'y trouve une forte proportion de gros ; le gros et la gailleterie sont très-recherchés pour le chauffage domestique ; au feu ce charbon brûle sans fumée et dure longtemps.

L'Angleterre nous envoie les charbons de Cardiff, dont la qualité est semblable à celle de nos houilles demi-grasses, et qui sont propres aux mêmes usages ; nos houillères ont donc l'infériorité vis-à-vis de la Belgique et de l'Angleterre sous le rapport de la production de cette nature de charbon. Au point de vue

---

(1) En 1855, la production de l'anthracite dans le Sud du pays de Galles s'est élevée à 997.500 tonnes.

de la qualité, elles supportent très-bien la comparaison; le gros charbon d'Anzin (Nord) vaut le gros de Marimont, de Charleroi ou de Cardiff; mais le gisement n'est point riche, la production est limitée et ne saurait suffire aux besoins de la consommation.

Il existe une très-grande analogie entre nos houilles grasses maréchales à courte flamme et à longue flamme et celles de Belgique; nos charbons de forges valent ceux de Belgique; ils sont tout aussi bons pour la fabrication du coke.

L'Angleterre nous envoie des houilles grasses maréchales d'une qualité supérieure à celles de France et de Belgique; elles sont meilleures pour la forge et la fabrication du coke; mais elles doivent cette supériorité, non à leur nature, c'est-à-dire à leur composition intime, mais à leur grande pureté, ainsi que je l'expliquerai plus loin.

Nous produisons de grandes quantités de houilles grasses à longue flamme très-bonnes pour le chauffage des chaudières à vapeur et la fabrication du gaz, et nos mines sont en état de fournir celles que la consommation pourrait demander.

Le bassin de Mons en Belgique renferme les mêmes natures de houille; elles doivent être placées sur le même rang que les nôtres.

Il nous arrive également d'Angleterre beaucoup de houilles grasses à longues flammes; leur composition est à peu près la même que celles des houilles similaires de Belgique et de France; cependant elles donnent en général par la calcination plus de gaz et de goudron; elles paraissent plus chargées de matières bitumineuses.

Mais ce qui donne aux houilles anglaises une supériorité marquée sur les houilles belges et indi-

gènes, c'est leur grande pureté. Les houilles que l'on exporte d'Angleterre sont, avant d'être chargées dans le navire, jetées sur des grilles dont les barreaux sont espacés de 1 à 3 centimètres; ces grilles séparent tout le menu, en sorte que l'on n'expédie que des charbons exempts de toutes les impuretés que renferme ordinairement le fin; sans doute il se forme de la poussière par suite du chargement et du déchargement des navires et des manipulations diverses que subit le charbon; mais cette poussière provient de gros morceaux qui sont purs et elle-même est très-propre; on n'y trouve point généralement plus de 4 à 6 p. 100 de cendres; aussi le charbon mélangé anglais et le charbon fin sont-ils remarquables par leur grande pureté.

Il n'en est pas de même des charbons tout venant belges et français; les veines dont on l'extrait présentent généralement, au toit ou au mur, ou bien intercalés dans la couche, des lits de schistes friables que l'on n'enlève qu'imparfaitement par le lavage; dans l'abatage, il se mêle, malgré tout le soin qu'on apporte à l'extraction, du schiste au charbon, et comme ce schiste est très-friable, c'est la partie menue qui est rendue la plus impure par la présence de matières étrangères; les gros morceaux de charbon sont purs; on y trouve de 1 à 5 p. 100 de cendres en moyenne; mais le charbon mélangé, tel qu'il sort de la fosse, est impur et ne renferme pas moins de 8 à 15 p. 100 de cendres; c'est dans le menu que se trouvent concentrées les impuretés.

On comprend de suite que ce fait donne à nos produits et aux produits belges une infériorité marquée par rapport aux produits anglais; dans la fabrication du coke, au lieu d'un coke pur, brûlant facilement dans les foyers des locomotives et produisant beaucoup

de vapeur, on obtient souvent un coke mal formé, d'une combustion difficile et obstruant les grilles; pour la forge, la consommation est plus grande, une température élevée plus difficile à obtenir et le déchet du fer plus considérable; enfin dans la fabrication du gaz on a moins de gaz, un gaz moins éclairant et un coke médiocre; c'est dans le chauffage des chaudières à vapeur que les inconvénients de l'impureté du charbon sont le moins saillants; ils ne laissent pas cependant que d'être sensibles; on y remédie pour la forge et la fabrication du coke par le lavage, mais cette opération augmente le prix de la houille et ne s'applique point aux charbons pour gaz; l'impureté de nos produits français et des produits belges les constitue donc vis-à-vis des produits anglais similaires, dans un état d'infériorité qu'une certaine différence de prix peut seule racheter.

Le département du Nord ne produit pas de houilles sèches à longue flamme; celui du Pas-de-Calais paraît en renfermer; mais elles ne sont pas encore exploitées sur une grande échelle; le bassin de Mons, au contraire, les produit en abondance et en renferme des gisements considérables.

Ce charbon, tel qu'il sort de la fosse, renferme une grande proportion de morceaux plus ou moins gros, dont on opère le triage et que l'on désigne dans le commerce sous le nom de gros à la main, gaillette et gailleterie suivant la grosseur; c'est un grand avantage pour une mine de produire beaucoup de gros, car il se vend à un prix beaucoup plus élevé que le mélangé.

L'Angleterre envoie aussi beaucoup de houilles sèches à longue flamme, semblables aux flénus de Mons; elle a de plus le cannel coal, espèce de charbon essentiellement flambant et d'une grande légèreté, mais

dont la production n'est point considérable (1) et dont l'exportation est faible.

Les houilles sèches à longue flamme sont bonnes pour la grille, la fabrication du gaz et le chauffage domestique; pour la grille les houilles dures, grasses ou demi-grasses, les remplacent avec avantage; elles ont un pouvoir calorifique plus élevé, elles tiennent mieux au feu et passent moins vite; il y a trente ans, quand l'usage des chaudières à vapeur n'était point répandu, on préférait de beaucoup les houilles sèches à longue flamme, car elles s'allument vite, brûlent facilement, donnent une flamme longue et claire, permettent au besoin de pousser le feu très-vite, et sont excellentes pour chauffer de grandes surfaces. Placées sur un feu bien ardent, elles collent assez pour se tenir agglutinées et pour que le menu ne passe pas au travers des barreaux, mais pas assez pour faire voûte et pour exiger un travail continuel de la part du chauffeur. Tant de qualités, dit M. Michel Chevalier en parlant du charbon flénu, ont été partout appréciées, et à Paris, plus que nulle autre part, elles lui ont assuré une haute réputation qui s'affermit tous les jours davantage (2).

Mais depuis on a appris à mieux monter les foyers; on a reconnu l'utilité d'un excellent tirage, et l'on a vu qu'avec un chauffeur intelligent et qui ne craignait point de se donner quelque peine, les houilles grasses à longue flamme et les houilles demi-grasses donnaient de très-bons résultats; les houilles sèches à longue flamme ont perdu la supériorité que l'ignorance

(1) La quantité extraite en 1855 est estimée à 500.000 tonnes.

(2) *Observations sur les mines de Mons et sur les autres mines qui approvisionnent Paris.* (*Annales des mines*, t. II, p. 213.)

et la paresse des chauffeurs avaient contribué longtemps à leur faire accorder.

Pour la fabrication du gaz, on préfère en général les houilles grasses à longue flamme; elles donnent moins de gaz, mais ce gaz est plus éclairant, et elles donnent plus de coke et du meilleur coke.

Enfin, si les houilles sèches sont d'un usage commode dans les foyers domestiques, elles ont l'inconvénient de fumer beaucoup et de passer vite; aussi leur préfère-t-on les houilles demi-grasses qui brûlent très-bien dans le foyer quand le tirage est bon, ne produisent point de fumée et durent longtemps au feu.

Si nos houillères du Nord ne produisent point de houilles sèches à longue flamme, il n'y a donc point lieu de le regretter; les qualités de houille qu'elles fournissent suppléent avantageusement à celles-là, et l'absence de cette espèce de houille n'est point pour elles une cause d'infériorité dans la lutte qu'elles soutiennent contre l'étranger.

En résumé ce n'est point la nature, la variété et la qualité des charbons qui font défaut; sauf les houilles sèches à longue flamme, nos mines produisent en abondance les mêmes variétés de houille que l'Angleterre et la Belgique, leur nature, leurs qualités sont les mêmes; nous avons seulement à regretter de ne pas être plus riches en charbons demi-gras.

Ce qui constitue l'infériorité de nos houilles au point de vue commercial, c'est qu'en général leur charbon est friable et qu'au sortir de la fosse il renferme moins de gros.

Vis-à-vis des charbons anglais, il est un genre d'infériorité que partagent les charbons belges, c'est l'impureté des charbons mélangés; lors de l'abatage dans la veine, il s'y mêle beaucoup de matières schisteuses

et terreuses ; cela tient à la nature des veines et à ce que nous ne faisons pas subir à nos houilles le triage que leur font subir les Anglais ; le lavage ne remédie à cet inconvénient que dans un nombre de cas restreints.

Au point de vue de la puissance de production, nos mines sont dans de bonnes conditions et il n'est point douteux qu'elles ne soient assez riches pour fournir seules, sans le secours de l'étranger, les quantités de houilles maigres et de houilles grasses qui sont nécessaires à notre industrie ; il n'y a que la production des houilles demi-grasses qui ne sauraient aujourd'hui répondre aux besoins de la consommation.

Sous un autre rapport, nos mines ne pourraient pas non plus suffire aux demandes ; elles produisent peu de gros, et c'est l'Angleterre et surtout la Belgique qui nous fournissent cette catégorie de charbon.

Dans le nord de la France on ne livre généralement le charbon au commerce que sous deux états, à l'état de gros et à l'état de mélange. Lorsque la houille sort de la fosse, des ouvriers en retirent à la main les plus gros morceaux, ce qui donne le gros ; le reste forme le tout venant ou mélangé. Diverses so de houill

En Belgique, le charbon est généralement dur et gailleteux, et on lui fait subir des triages et des manipulations nombreuses ; de là les dénominations suivantes :

Gaillette ou gros à la main.

Gailleterie, morceaux moins gros que les précédents, sans menus.

Petite gaillette, morceaux encore plus petits, sans menu.

Gailletin, morceaux gros comme des noix, sans menu.

Tout venant ou forges gailleteuses, charbon mélangé de gros et de menu.

Fines, charbon dont tous les morceaux un peu gros ont été séparés.

Dans le bassin de Mons, le triage s'opère à la sortie de la fosse à l'aide de grilles superposées; les barreaux de la grille supérieure sont très-espacés, ceux de la grille inférieure laissent un intervalle libre de 2 à 3 centimètres; on a ainsi trois catégories de charbon : gaillette, gailleterie et fines; puis on forme des tout venant ou forges gailleteuses, en mélangeant les charbons de ces trois catégories dans certaines proportions : 1/5 de gros, 1/5 de gailleteries et 3/5 de fines forment le mélange le plus ordinaire; il porte le nom de forges gailleteuses au cinquième, parce qu'il renferme 1/5 de gailleteries; le mélange formé de 1/5 de gros, de 2/5 de gailleterie et 2/5 de fine, porte le nom de forges gailleteuses aux 2/5.

Nous avons indiqué les usages du bassin de Mons, ceux de Charleroi sont un peu différents; on comprend combien il y a de variations arbitraires toutes les fois qu'on compose des mélanges.

En Angleterre, on distingue les charbons, non-seulement par leur état de division, mais encore par les usages auxquels ils sont propres; on donne souvent aussi leur provenance.

Ainsi on a :

Gros charbon à usage domestique, première qualité.

Gros charbon à vapeur, première qualité.

Charbon domestique, deuxième qualité.

Charbon tout venant pour usines.

Charbon tout venant pour coke.

Charbon tout venant pour usines à gaz, première qualité,

Charbon tout venant pour usines à gaz, bonne qualité.

Charbon tout venant pour usines à gaz, qualité ordinaire.

Charbon noisette, deux fois criblé, pour machines à vapeur.

Charbon noisette, deux fois criblé, pour usines à gaz.

Charbon noisette, deux fois criblé, pour forges.

Charbon menu, une fois criblé, pour forges.

Charbon menu, une fois criblé, pour usines à gaz.

Charbon menu pour fabrication de briquettes.

Charbon menu pour usines.

Charbon écossais, dit Boghead.

Charbon de Cardiff en roches, pour bateaux à vapeur.

Les divisions en Angleterre sont plus nombreuses encore qu'en Belgique et varient d'une mine à l'autre. Cela tient à l'énorme production des houillères du Royaume-Uni, aux variétés nombreuses qu'elles présentent et au grand commerce tant à l'intérieur qu'à l'extérieur auquel la houille donne lieu.

II.

Conditions de gisement. Système d'exploitation, prix de revient.

Si sous le rapport de la richesse en houille, de la nature et de la qualité des produits, nos mines du Nord soutiennent la comparaison avec celles de l'étranger, elles leur sont bien inférieures au point de vue du gisement, de la facilité d'exploitation et du prix de revient; la Belgique a la supériorité sur la France, et l'Angleterre une supériorité marquée sur l'un et l'autre pays.

Les houillères du Nord et du Pas-de-Calais appar-

tiennent à la même formation et à la même zone carbonifère que celles de Belgique; aussi les couches ont-elles en général les mêmes allures, la même puissance et présentent-elles des accidents et des difficultés d'exploitations semblables; on a à lutter contre les eaux, lors du percement des puits dans le bassin de Valenciennes comme dans celui de Mons; le grisou se rencontre dans les mines de charbon gras, en deçà comme au delà de la frontière; si dans le Nord les couches ont une puissance généralement moindre qu'en Belgique, elles présentent dans le Pas-de-Calais une puissance au moins égale; mais nous n'avons pas en France ces grandes plateurs si régulières qui font la richesse et la fortune du flénu de Mons et du bassin du Centre; nos couches ont une inclinaison plus grande, les accidents sont plus fréquents, ni le toit ni le mur n'ont la même solidité.

C'est là surtout ce qui cause la différence qui existe entre les prix de revient de la houille dans les deux pays; on commettrait une grave erreur et une véritable injustice à l'égard des ingénieurs qui dirigent les travaux de nos mines du Nord, si l'on attribuait l'élévation des prix de revient à l'infériorité des procédés d'exploitation qu'ils emploient; un examen rapide et comparé des méthodes d'exploitation suivies dans les deux pays suffira pour lever tout doute à cet égard.

C'est un principe admis aujourd'hui par les mineurs, que les travaux doivent être dirigés de manière à extraire par un seul puits la plus grande quantité de charbon possible; on installe sur les puits des machines d'extraction d'une grande puissance, 100 à 150 chevaux; l'extraction a lieu dans des cages guidées, auxquelles on imprime une vitesse qui atteint quelquefois en moyenne 6 mètres à la seconde, en sorte qu'en une

minute on peut les élever de 360 mètres de profondeur; les cages sont disposées de manière à recevoir quatre ou six chariots de 4 à 5 hectolitres et même huit chariots de 4 hectolitres; on élève donc à la fois au jour 20 à 32 hectolitres de charbon en une ou deux minutes, et la production peut atteindre en dix heures 6.000 hectolitres et par an 100.000 à 200.000 tonnes; autrefois on élevait la houille au jour dans des tonnes dont la capacité n'était souvent que de 7 hectolitres; le charbon était brisé par suite des transbordements et manipulations qu'il subissait; on faisait des puits de $2^{m},50$ à 3 mètres de diamètre, la production annuelle était de 200.000 à 300.000 hectolitres par puits et l'on devait en creuser un grand nombre pour arriver à une production considérable.

Depuis dix ans ces principes ont été complétement répudiés, et la Belgique a consacré par de nombreux exemples le principe d'extractions puissantes par puits à grandes sections, avec cages guidées mues par des machines très-fortes et animées d'une grande vitesse; le chariot chargé à la taille est amené au jour et déchargé directement dans les wagons; tous les nouveaux puits ont de 4 mètres à $4^{m},50$ de diamètre, des guides pour les cages y sont installés et les machines d'extraction ont de 100 à 150 chevaux de puissance.

Dans les anciens puits on a installé des guides pour les cages, et on remplace les anciennes machines qui ont de 40 à 50 chevaux de force par d'autres plus puissantes; cette transformation est loin d'être complète encore en Belgique, mais plusieurs mines l'ont effectuée et la voie est aujourd'hui trop nettement tracée pour que les autres tardent longtemps à la suivre.

L'avantage d'une grande production par puits est

bien évident; les frais d'installation pour un siége d'exploitation dans le nouveau système ne sont point doubles de ce qu'ils étaient dans l'ancien; ils sont plus élevés d'un quart ou d'un tiers tout au plus; la somme affectée à leur amortissement est donc d'un quart ou d'un tiers plus élevée, mais d'autre part beaucoup de frais généraux restent les mêmes, en sorte que le total des frais est loin d'être augmenté d'un tiers ou d'un quart, et comme d'ailleurs il se répartit entre un nombre d'hectolitres deux, trois, quatre et cinq fois plus grand, le prix de revient de chacun d'eux se trouve bien moins chargé.

Supposons, par exemple, qu'une compagnie houillère produise par trois puits un million d'hectolitres et que ses frais généraux s'élèvent à 150.000 francs par an, ils figurent pour $0^f,15$ dans le prix de revient de l'hectolitre; si par suite de l'installation de machines puissantes et de cages guidées, on parvient à extraire 2.000.000 hectolitres, les frais généraux pourront s'élever à 180.000 francs, mais ils seront répartis entre 2.000.000 hectolitres, en sorte qu'ils ne chargeront plus le prix de revient que de $0^f,09$; c'est $0^f,06$ d'économie à l'hectolitre, soit 8,57 p. 100 si celui-ci était précédemment de $0^f,70$; plus le percement des puits est difficile, plus la profondeur à laquelle ils doivent atteindre est grande, et plus l'avantage d'une grande production par puits est important.

La France n'est point restée en arrière de la Belgique dans la voie du progrès; toutes les fosses nouvelles du Pas-de-Calais sont en grande section (1); les compagnies d'Anzin et d'Aniche ont creusé de nou-

(1) Les premières mines exploitées dans le Pas-de-Calais sont

velles fosses d'un diamètre de 4 mètres et les ont armées pour l'extraction de machines de 100 à 150 chevaux; dans les anciens puits, malgré leur faible diamètre, on a monté des guides pour les cages, on a remplacé en partie les anciennes machines par de plus fortes et l'on poursuit ces transformations avec vigueur; aussi pourrait-on citer d'anciens puits dont la production dépasse un million d'hectolitres par an; le nord de la France a donc marché de pair avec la Belgique dans la voie des améliorations.

Quand on visite les travaux souterrains on trouve des progrès non moins importants.

En général, dans le département du Nord, les couches ont une inclinaison d'au moins 35°; une galerie à travers banc partant du puits atteint la veine; arrivé dans celle-ci, le mineur pousse en avant suivant la direction une galerie à grande section, dite Costresse, dans lequel le roulage se fait avec des chevaux.

L'exploitation a lieu par tailles de 18 à 20 mètres de longueur, menées parallèlement à cette galerie et disposées en gradins; au bas de chaque taille aboutit une galerie horizontale, et de distance en distance, tous les 300 mètres environ, on installe un plan incliné automoteur descendant à la grande galerie ou Costresse à chevaux; si l'on prend une tranche de 120 à 150 mètres de hauteur comptée suivant l'inclinaison, on la divise en deux ou trois étages; de cette manière les transports ont lieu par voies horizontales, dans les petites galeries avec des hommes et dans les grandes galeries avec des

celles de Nœux; le puits d'extraction, ouvert en 1851, a 4 mèt. de section, les machines d'extraction ont 150 chevaux de force; les travaux ont été dirigés par M. de Bracquemont, directeur de la compagnie de Vicoigne.

chevaux; les voies inclinées sont munies de plans automoteurs.

En Belgique, dans les dressants on fait aussi usage de plans inclinés automoteurs; mais il y a des galeries inclinées transversales à la ligne de plus grandes pentes (ce qu'on appelle des voies turnes), sur lesquelles s'opère le trainage avec des hommes; on fait aussi usage de cheminées pour faire arriver le charbon aux galeries inférieures; il est douteux que ce système d'exploitation soit supérieur à celui pratiqué dans le Nord de la France.

Les chariots sont à peu près les mêmes: leur capacité varie de 4 à 5 hectolitres.

Dans les deux pays on fait autant que possible usage de chevaux pour le transport intérieur. Le boisage s'opère de la même manière.

On emploie à peu près les mêmes lampes.

Les ventilateurs et les moyens d'airage usités en Belgique sont appliqués chez nous; sur plusieurs fosses nous avons le ventilateur Fabry ou le ventilateur Lemiel.

Nos machines d'exhaure et d'extraction ne le cèdent en rien aux machines belges.

Ainsi nous voyons qu'en général nos procédés d'exploitation ne sont pas inférieurs à ceux des Belges, et que l'art du mineur n'a pas fait moins de progrès chez nous que chez eux (1).

Il est cependant un point sur lequel me paraît exister une différence à l'avantage des mines belges; c'est dans une plus grande concentration des travaux qu'elle

---

(1) Cette appréciation doit être prise dans son sens le plus général; il existe en Belgique des exploitations qui ne sont pas aussi bien conduites que les nôtres et réciproquement.

onsiste; pour une même longueur de taille on place lus d'ouvriers dans les mines belges.

Dans nos mines du Nord l'ouvrier qui travaille à la veine occupe une longueur de 4 à 5 mètres, quelquefois davantage; pour une taille de 18 mètres de long, il y a quatre ouvriers.

En Belgique, sur la même longueur, on place six à huit ouvriers, et on ne laisse que 2 à 3 mètres de longueur de taille par ouvrier.

Dans le premier système, il paraît certain que l'ouvrier produit à la journée une plus grande quantité de charbon, 10 à 20 p. 100 peut-être en plus que dans le second; mais dans celui-ci l'avancement est, avec un nombre d'ouvriers double à la taille, sinon deux fois plus grand, au moins beaucoup plus rapide; par suite les galeries durent moins longtemps et l'on regagne largement sur leur entretien ce que l'on perd sur l'abatage. Ce système se combine parfaitement avec une grande production par puits; car il permet de tirer beaucoup plus de charbon avec le même nombre de chantiers; il a l'avantage, en concentrant les travaux sur un petit nombre de points, de faciliter la surveillance; de plus il rend disponible un certain nombre d'ouvriers consacrés dans l'autre système à l'entretien du boisage et des galeries; d'où résulte qu'avec une population de mineurs donnée on arrive, malgré une production un peu plus faible par ouvrier abatteur à la veine, à une production totale de houille plus grande; cette dernière considération, à une époque où l'accroissement de consommation de houille suit une progression rapide, a une certaine valeur.

Ainsi les chantiers d'extraction de la houille sont plus concentrés en Belgique qu'en France; on leur donne aussi peut-être plus de développement.

Dans les grandes plateurs de Belgique dont l'inclinaison n'est souvent que de 10 à 20°, on a appliqué avec succès le système d'exploitation par voies montantes et plans inclinés automoteurs mobiles; tous les jours on change le plan incliné de place et on le monte près de la taille; chaque taille est desservie par un plan incliné automoteur mobile, tant qu'on n'est qu'à 50 ou 60 mètres. De la galerie principale le plan incliné y amène directement le chariot; quand on s'en éloigne davantage, on divise le chantier en deux ou trois étages par des galeries horizontales secondaires où arrive d'abord le chariot, puis on le mène au plan incliné automoteur fixe le plus voisin qui le descend jusqu'à la grande Costresse.

Ce système a le grand avantage de réduire au minimum le transport avec des hommes; encore celui-ci n'a-t-il lieu que dans des galeries horizontales; les galeries sont promptement abandonnées, en sorte qu'elles demandent peu d'entretien; il a l'inconvénient d'exiger que le mur et le toit soient coupés sur une largeur double de celle qui est nécessaire pour des voies horizontales; mais il faut observer que le coupage du toit et du mur suivant la ligne de plus grande pente est plus facile qu'en direction, et que la dépense qu'il entraîne n'est pas proportionnelle à la largeur de la galerie.

Nous pensons que dans le Nord de la France on obtiendrait un certain avantage à appliquer ce système toutes les fois que la couche a une inclinaison moindre de 25°.

Les différences que nous venons d'indiquer n'ont pas une grande importance; la deuxième ne s'applique qu'à un petit nombre de cas.

Nous avons dû les signaler cependant à l'attention

des ingénieurs; c'est surtout la concentration du plus grand nombre d'ouvriers possible par taille et le développement des chantiers sur une grande hauteur qui me semble devoir le plus mériter leur examen; car ce système concorde parfaitement avec les grandes extractions par un seul puits.

Ces améliorations dans notre système d'exploitation (en supposant que nos appréciations soient justes), ne conduiraient point à une diminution notable dans nos prix de revient; ce serait en exagérer la portée que de leur attribuer une grande influence; nous pouvons donc affirmer que c'est surtout à la grande régularité de ses couches que la Belgique doit d'obtenir des prix de revient plus bas que le Nord de la France.

A cette cause principale viennent s'en joindre d'accessoires; la main-d'œuvre est moins chère, les objets de consommation tels que le fer, à un prix moins élevé.

Nous pouvons estimer aujourd'hui le prix de revient de la houille sur le carreau de la fosse en Belgique, ainsi qu'il suit (1):

| | | fr. |
|---|---|---|
| Bassin de Mons. | Flenu. . . . . . . . . | 6,10 |
| | Charbon gras (Mons). | 7,80 |
| Centre. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 6,08 |
| Charleroi . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 6,68 |
| Liége . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 7,62 |

(1) Ce prix de revient comprend les dépenses de toute espèce et les frais généraux; l'intérêt du capital n'y figure point.

D'après M. Gonot, ingénieur en chef des mines du Hainaut, les prix de revient seraient les suivants en 1857 :

| | | |
|---|---|---|
| Mons . . . . . . . . . . . . . . . | 11f,24 | les 1.000 kil. |
| Centre. . . . . . . . . . . . . . . | 9f,69 | — |
| Charleroi. . . . . . . . . . . . . | 10f,36 | — |
| Pour la province du Hainaut. | 10f,61 | — |

Mais il faut remarquer que ces chiffres sont les moyennes de

Dans le nord de la France et le Pas-de-Calais le prix de revient varie de 8 à 10f,50 les 1.000 kil.; il est beaucoup plus faible pour les charbons maigres; le prix de revient des houilles maigres similaires de Charleroi est aussi très-faible.

Quelque faibles que soient les prix de revient en Belgique, ceux de la houille en Angleterre leur sont

---

tous les prix de revient, et que, parmi les charbonnages, il y en a qui gagnent peu ou point et même qui perdent; pour nous, nous ne parlons que des mines qui sont dans de bonnes conditions, sans être cependant dans des conditions exceptionnelles. De plus, M. Gonot fait entrer dans son prix de revient toutes les dépenses extraordinaires qui ont été considérables dans ces dernières années, tandis que la plupart des mines leur appliquent un amortissement réparti sur un certain nombre d'années. En 1849, 1850 et 1851, M. Gonot fixe à 6f,96, 7f,05, 7f,17 le prix de revient moyen dans le Hainaut; la main-d'œuvre et les objets de consommation étaient alors à bas prix, et de plus on faisait peu de travaux préparatoires; c'est là surtout la grande différence; enfin il faut observer que M. Gonot se base sur les déclarations des exploitants, et que ceux-ci sont intéressés à exagérer leurs dépenses.

Nous croyons que les chiffres que nous donnons ne sont pas trop faibles; car il faut considérer que si la main-d'œuvre et les objets de consommation ont augmenté considérablement, la production de 1849 à 1858 s'est élevée, pour la province du Hainaut, de 4.018.195 tonnes à 6.458.416 tonnes (augmentation = 2.440.221 tonnes, soit 60 p. 100), et que de cet accroissement est résultée une économie notable à l'article frais généraux; nous connaissons des mines où cette économie a balancé l'accroissement de dépenses sur les autres chapitres et où, par suite, le prix de revient est sensiblement le même qu'en 1850.

Voici quels étaient, en 1851, les prix de revient d'après M. Chaudron; nous avons admis les mêmes prix augmentés de 1 franc par tonne. On sait du reste combien de telles appréciations sont difficiles, et nous donnons les nôtres sans les garantir.

| | | |
|---|---|---|
| Couchant de Mons. | Flenu | 5f,10 |
| | Charbon gras | 6f,30 |
| Centre | | 5f,08 |
| Charleroi | | 5f 68 |
| Liége | | 6f,62 |

encore notablement inférieurs; M. Chaudron, ingénieur des mines belges, dans son rapport sur les mines de Newcastle, adressé le 20 octobre 1851 à M. le ministre des travaux publics de Belgique, l'évalue de 2f, 50 à 4f,40.

En Belgique, dans les mines les plus favorisées, il descend au plus à 5f,00.

M. Chaudron établit une comparaison très-intéressante entre le système d'exploitation suivi en Belgique et celui adopté dans les mines de Newcastle.

Les couches de houille y sont puissantes, très-régulières et presque plates; elles ne sont généralement recouvertes que d'une faible épaisseur d'argile et de sable; ce qui permet de les atteindre à une petite profondeur.

Il en résulte que les frais de premier établissement sont faibles; car le percement des puits n'est pas dispendieux; l'exploitation peut se faire à un même étage pendant une longue période à cause de la richesse du gîte, et il n'est pas nécessaire de pratiquer des galeries à travers bancs pour recouper les couches (1).

L'exploitation a lieu par piliers et galeries, ou par massifs; ce système ne pourrait point s'appliquer avec avantage aux couches de Belgique et du nord de la France.

L'abatage, à cause de la puissance des couches, est plus facile qu'en Belgiqne; l'ouvrier mineur produit plus dans le même temps; mais comme la main-d'œuvre est plus élevée, la différence entre les prix d'abatage n'est pas grande.

La solidité du terrain est telle que l'on n'a presque

(1) On peut considérer comme exceptionnelles les difficultés qu'a présentées le percement de certains puits.

pas besoin de bois pour soutenir les galeries ; c'est une cause de grande économie ; car en Belgique le boisage entre pour 1 à 1f,50 par tonne dans le prix de revient.

En France il coûte encore plus cher.

Les chariots sont menés des points d'abatage aux voies principales par des poneys de petite taille ; des chevaux les amènent ensuite à une grande voie conduisant au puits ; dans certaines mines la grande voie est desservie sur une certaine longueur par des machines à vapeurs.

En Belgique on emploie les chevaux au transport intérieur ; mais non plus qu'en France on ne fait usage de machines à vapeur sur des voies alternativement horizontales ou inclinées, droites ou sinueuses, et sur des longueurs de 2.000 à 3.000 mètres.

Il peut y avoir là un progrès à réaliser.

L'extraction a lieu à l'aide de machines puissantes, avec des cages guidées marchant à grande vitesse ; les quantités extraites varient de 400 tonnes à 1.200 tonnes par puits et par journée de dix à douze heures.

De là une diminution dans les frais généraux.

La descente des ouvriers se fait exclusivement par les puits d'extraction au moyen de cages.

Les appareils d'exhaure ne présentent aucune particularité.

L'aérage s'opère avec des foyers.

L'usage des lampes Davy est général.

On voit que si le prix de revient des houilles anglaises est inférieur à celui des houilles belges, cela tient surtout à la puissance, à la régularité et à la faible inclinaison des couches, à la solidité du toit et du mur, ainsi qu'à la facilité avec laquelle on les atteint ; de là résulte une grande économie dans les frais de premier établis-

sement, dans l'abatage de la houille, le boisage des tailles et des galeries et dans le transport intérieur.

Peut-être pourrait-on employer les machines à vapeur au fond de nos mines et réaliser une économie ; en tout cas elle serait faible.

Celle qui résulte de l'augmentation de production par puits est réalisée, ou se réalise aujourd'hui dans les mines de Belgique et de France ; nous ne pouvons donc attribuer le faible prix de revient de la houille anglaise à la supériorité des moyens d'extraction. Ce n'est pas non plus à la puissance des couches ni à leur nombre ; car dans le bassin de Newcastle on n'exploite que 18 couches dont l'épaisseur atteint rarement 2m,00 ; or il existe en France et en Belgique des couches aussi puissantes. Mais nulle part on ne trouve une régularité aussi grande, un toit et un mur aussi solides.

L'examen comparé des conditions d'exploitation des mines de France, de Belgique et d'Angleterre établit donc les faits suivants :

1° Que nos prix de revient sont de 2f,00 à 3f,00 plus élevés que ceux de Belgique.

2° Que ceux de Belgique sont de 2 à 4f,00 plus élevés que ceux du bassin de Newcastle.

3° Qu'il faut un capital plus considérable en France et en Belgique qu'en Angleterre pour arriver à produire la même quantité de houille.

4° Que la supériorité de la Belgique sur la France tient principalement à ce qu'elle possède des couches plus régulières et d'une exploitation plus facile ; les prix de la main-d'œuvre et des objets de consommation influent aussi, mais d'une manière secondaire.

5° Que la supériorité de l'Angleterre et notamment du bassin de Newcastle sur la Belgique tient aux mêmes causes.

Nous avons cru devoir insister sur la question des prix de revient; car, outre l'importance qu'elle a en elle-même, nous entendons souvent reprocher à l'industrie française de produire plus chèrement que l'étranger et notamment que l'Angleterre, parce que ses procédés sont moins parfaits que dans ce pays; si ce reproche est fondé pour quelques industries, il ne l'est point pour l'industrie de la houille dans le nord de la France.

III.

Législation. La législation des mines en France est libérale; les concessions sont gratuites, l'impôt consiste en un droit fixe très-faible et en une redevance de 5 p. 100 sur le produit net; l'intervention de l'administration est ce qu'elle doit être, une simple surveillance au point de vue de la sécurité publique.

On a critiqué avec raison les lenteurs et les formalités qui précèdent l'obtention des concessions, le manque de règles fixes qui président au choix des concessionnaires, l'incertitude dans laquelle restent les prétendants pendant plusieurs années; ces lenteurs sont de nature à retarder le développement de la production dans les nouveaux bassins.

La législation prussienne en Westphalie, qui sous tant de rapports est inférieure à la nôtre, nous paraît supérieure pour le mode d'obtention des concessions.

En Prusse, aussitôt qu'un sondage a découvert la houille, on fait constater le fait par le Bergamt (commission des mines) qui délivre un acte qui porte le nom de Muthung: c'est une concession temporaire et conditionnelle, d'un espace ordinairement rectangulaire, d'une superficie de 103 hectares et dans lequel on a le

droit, à l'exclusion de tout autre, de foncer des puits. Comme une seule Muthung ne constitue pas généralement un champ d'exploitation assez étendu, on établit ordinairement plusieurs sondages à la fois de manière à pouvoir grouper un certain nombre de Muthung contiguës. Pour que ces Muthung deviennent des concessions définitives, il faut avoir creusé un puits ou une galerie qui permette à l'ingénieur du Bergamt de pénétrer de sa personne jusqu'à la houille et d'en constater *de visu* l'existence et la possibilité de l'exploiter.

Quoique la concession définitive ne soit accordée qu'après beaucoup de formalités remplies, les propriétaires de Muthung peuvent travailler en tout sécurité; car ils ont la certitude que le champ qu'ils occupent leur sera concédé définitivement; ils peuvent même vendre leurs droits sur les Muthung et les céder comme une propriété; il y a deux ans une Muthung se vendait 100.000f,00 dans le bassin de la Ruhr.

Ce qu'il y a d'excellent dans ces dispositions, c'est qu'aussitôt les sondages faits, les exploitants peuvent entreprendre leurs travaux; ils savent quelle sera leur concession; rien n'est changé aux limites des champs cédés provisoirement.

Aussi nous connaissons dans le bassin de la Ruhr une société anglaise qui a obtenu deux Muthung, il y a 5 à 6 ans, et qui tire aujourd'hui d'un seul puits 5.000 à 6.000 hectolires par jour; quand même nous aurions des couches aussi puissantes que dans la Ruhr, pareil résultat serait impossible à obtenir en aussi peu de temps par suite de la manière dont se délivrent les concessions.

Nous pensons qu'il y aurait avantage à adopter le principe de la loi prussienne en modifiant certaines

dispositions ; celle, par exemple, relative à l'étendue de la Muthung ; chaque coup de sonde devrait donner droit à un champ de 400 à 500 hectares ; en sorte qu'avec deux coups de sonde on serait certain d'avoir une concession suffisamment étendue ; la faible superficie des Muthung multiplie sans avantage les coups de sonde.

Les droits des propriétaires de la superficie que réserve notre loi des mines du 21 avril 1810, sont dans certains bassins onéreux aux exploitants ; ils ne pèsent point fortement sur ceux du Nord.

La faculté qu'ont les mines d'exproprier en payant les terrains au double de leur valeur a donné lieu à une jurisprudence qui blesse leurs intérêts ; elle ne tendrait à rien moins qu'à fixer au double la valeur des terrains endommagés par le fait des travaux souterrains au lieu de l'établir d'après les règles du droit commun.

Le décret du 23 octobre 1852, qui interdit la réunion de plusieurs concessions houillères sans une autorisation préalable, a été rendu en vue de prévenir les abus que pouvait présenter la fusion de toutes les compagnies de la Loire en une seule ; le danger que l'on craignait pour le bassin de la Loire n'existe point pour les bassins du Nord qui ont à soutenir la concurrence de la Belgique et de l'Angleterre, concurrence que l'État peut rendre plus grande encore par des réductions de tarifs de douanes. Ce décret apporte des entraves à la constitution financière des compagnies ; il ne peut être d'aucune utilité sérieuse vis-à-vis des mines du Nord que nous considérons ; nous pensons qu'il convient en principe de laisser la plus grande liberté possible aux exploitants, qu'il faut même au besoin supporter certains abus, et que l'intérêt public est mieux satisfait en somme lorsque l'État laisse l'in-

dustrie libre que quand il intervient trop directement par des règlements d'administration publique.

Un moyen de prévenir la formation des compagnies possédant de grandes étendues de terrain houiller consisterait à n'accorder que des concessions peu étendues; le système des concessions nombreuses et d'une faible superficie détermine un accroissement rapide de production; la raison en est bien simple. Une compagnie exploitant des mines ne peut obtenir une rémunération suffisante de son capital qu'autant qu'elle produit environ 100.000 tonnes par an; si un bassin nouvellement découvert est divisé entre vingt compagnies, chacune d'elles fera tous ses efforts pour arriver le plus promptement possible au chiffre de 100.000 tonnes; le bassin arrivera donc promptement à produire 2.000.000 tonnes pourvu toutefois qu'il ait devant lui un marché suffisamment large. Qu'il n'y ait au contraire qu'une seule compagnie, elle trouvera probablement avantage à augmenter graduellement sa production, de manière à ne point causer une trop grande perturbation dans les prix.

Il résulte de là que si le système des concessions nombreuses et de faible étendue est favorable au développement de la production, il est moins avantageux aux exploitants; d'après le mode suivi actuellement pour les concessions, l'administration des mines se trouve appelée à examiner la question industrielle, à prendre en considération la position financière de l'affaire, et amenée forcément à accorder des concessions d'une grande étendue. Si l'on adoptait le mode de concession suivi dans la Ruhr avec certaines modifications, elle se trouverait déchargée de toute responsabilité et de toute préoccupation à cet égard; ce serait aux industriels à calculer leur affaire, à examiner si l'entre-

prise qu'ils veulent tenter est bonne ou mauvaise, et à adopter les combinaisons les plus propres à leur assurer le succès; les choses n'en iraient certainement que mieux. Mais, dans ce cas, il nous paraîtrait difficile de maintenir le décret du 23 octobre 1852; sa suppression se combinerait avec les changements apportés dans le mode de concessions, mode qui conduirait à avoir des concessions nombreuses et peu étendues.

En Belgique il y a un petit nombre de grandes concessions, un grand nombre de petites.

Dans le bassin de la Ruhr, les concessions les plus étendues en exploitation comprennent quinze muthung ou 1.545 hectares; la plupart sont comprises entre 200 et 700 hectares.

Remarquons que le système de concessions de faible superficie n'est favorable que dans un bassin qui possède une certaine richesse en houille, qui est bien pourvu de voies de communication et qui a devant lui de larges débouchés; c'est le cas pour la Ruhr, la Belgique et le nord de la France.

Si ces conditions n'étaient pas remplies, que les concessions aient une grande ou une petite superficie, le développement de la production sera lent; il pourrait paraître préférable, dans ce dernier cas, d'accorder de grandes concessions.

La redevance proportionnelle que payent les mines est de 5 p. 100 du produit net; celui-ci dépasse rarement 4 à 5 francs par tonne; c'est donc $0^f,20$ à $0^f,25$ par tonne que payent les exploitants.

En Belgique, l'impôt est de 2 1/2 p. 100 du produit net, soit $0^f,10$ à $0^f,15$ pour des mines faisant de 4 à 6 francs de bénéfice par tonne; ce qui est, à très-peu d'exceptions près, le maximum.

En Angleterre, les exploitants ne payent point de redevance.

En Prusse, l'impôt est très-lourd; il s'élève, tout compris, à 7 p. 100 du produit brut, soit de 0f,80 à 0f,90 par tonne, et se perçoit très-rigoureusement; cependant on sait quel développement ont pris depuis 1850 les houillères de la Ruhr;

| | Quintaux métriques. |
|---|---|
| Leur production était en 1850 de.. . . | 16.656.610 |
| En 1858, elle atteignait le chiffre de. . | 40.062 700 |
| Accroissement total. . . . . . | 23.406.090 |

Ce n'est pas un impôt de 0f,20 à 0f,30 au plus par tonne de houille qui peut entraver sensiblement la production de nos mines, surtout si l'on observe que cet impôt diminue avec les bénéfices et peut devenir nul; au point de vue industriel, les objections auxquelles il a donné lieu n'ont point de valeur.

A un autre point de vue, des observations sérieuses peuvent être présentées; l'impôt des mines exige de la part de l'administration la recherche et la constatation du bénéfice que fait l'exploitant; cet examen gêne et inquiète celui-ci; il le repousse par les mêmes motifs qu'on repousse en France l'impôt sur le revenu. L'impôt le plus juste en principe n'est pas toujours le meilleur en pratique; nous pensons qu'il serait utile de convertir la redevance proportionnelle en un droit fixe par tonne de houille; elle a produit à l'État en 1852 une somme de 485.193 francs pour une production totale de 49.039.259 quintaux métriques. C'est, on le voit, à très-peu près 0f,10 par tonne; c'est à ce chiffre qu'il conviendrait de fixer l'impôt.

Ce qui serait incontestablement préférable pour les houillères, c'est qu'il n'y en eut point du tout comme en Angleterre; il n'y a pas de petite économie pour

l'industriel; c'est sur un ensemble de petite économie qu'il base ses bénéfices.

La suppression de l'impôt concourrait évidemment à la production de la houille à bon marché; cette mesure rentrerait dans le programme impérial.

On a prétendu que l'intervention de l'administration des mines dépassait les limites assignées par la loi de 1810, qu'elle était bien moindre en Belgique, nulle en Angleterre, et que la production souffrait des entraves apportées par les ingénieurs. Ces assertions nous paraissent empreintes d'un esprit de grande exagération; il est vrai qu'en Angleterre le gouvernement n'exerce aucune surveillance sur les travaux des mines; mais en Belgique, où la loi du 21 avril 1810 est en vigueur, nous avons eu souvent occasion de constater nous-même que l'administration belge exerçait sur la direction des travaux d'exploitation une influence bien plus grande que celle exercée par les ingénieurs français dans le Nord et le Pas-de-Calais, notamment dans les questions de descente dans les puits et d'aérage; les sinistres affreux que les explosions de grisou ont occasionnés dans ces dernières années, ont nécessité une intervention très-active de l'administration belge.

En résumé, au point de vue industriel, le seul auquel nous nous plaçons, il n'y a rien dans notre législation des mines et dans la manière dont elle a été appliquée, qui ait pu gêner sensiblement le développement de la production des mines du Nord; si elle a exercé une influence sur la production, c'est qu'au lieu de donner des concessions nombreuses et peu étendues, comme cela s'est pratiqué en Belgique et en Russie, on a divisé les bassins en un petit nombre de grandes concessions.

Les modifications qu'il nous paraîtrait avantageux

d'apporter à la loi et aux règlements seraient les suivantes :

1° Établissement des règles fixes pour l'obtention des concessions d'après les principes que nous avons indiqués ;

2° Suppression du décret ;

3° Suppression de l'impôt, ou conversion de la redevance proportionnelle en une redevance de 0f,10 par tonne.

IV.

La position financière des compagnies du Nord et du Pas-de-Calais est généralement bonne ; les compagnies du Nord existent depuis longtemps et ne manquent point de capitaux ; celles du Pas-de-Calais en ont assez pour leurs travaux de mines, mais les ressources nécessaires pour construire rapidement les voies de communication leur ont fait défaut. Situati financi des comp.

Parmi les compagnies du Nord nous en trouvons de puissamment organisées ; au premier rang se place la compagnie d'Anzin. C'est une société civile, le capital est divisé en un certain nombre de parts et la compagnie est administrée par un conseil de régie qui se recrute lui-même et jouit d'un pouvoir souverain et sans contrôle. Depuis la fondation de la société, qui a un siècle d'existence, la régie a suivi constamment le principe de payer toutes les dépenses dans l'année, même celles de premier établissement, et de constituer sur ses bénéfices de fortes réserves pour développer ses travaux.

C'est grâce à cette modération si rare, à l'habileté de ses administrateurs que la compagnie a pu, avec ses seules ressources, relier dès l'origine des chemins de fer, la plupart de ses fosses par des voies ferrées, au

canal d'abord et au chemin du Nord ensuite, et entreprendre dans ces dernières années le creusement des fosses à grande section, en même temps qu'elle installait sur les anciens puits des machines d'une grande puissance, transformait son matériel et agrandissait ses moyens d'action; toutes les dépenses, même celles de premier établissement, comme creusement de puits, construction de bâtiments, achat de nouvelles machines sont payées dans l'année; les banquiers de la compagnie, loin d'être ses créanciers, sont ses débiteurs; l'amortissement tel qu'il fonctionne pour les compagnies de chemins de fer est chose inconnue; c'est à ses travaux accumulés depuis près d'un siècle, plus encore qu'à la richesse et à l'étendue de ses concessions que la compagnie d'Anzin doit le degré de prospérité auquel elle est parvenue; le même esprit préside toujours à ses conseils; au milieu des entraînements de la spéculation qui a signalé ces dernières années, la compagnie a poursuivi activement ses travaux, ne cherchant son bénéfice que dans un développement légitime et régulier de ses exploitations.

D'autres compagnies du département du Nord, quoique moins importantes que celles d'Anzin ne sont pas administrées avec moins de prudence et de sagesse; la bonne situation des compagnies d'Aniche, de Vicoigne et de Douchy en est la preuve; leur constitution est semblable à celle de la compagnie d'Anzin.

On n'est que juste en louant la sagesse des principes qui dirigent l'administration de toutes ces compagnies.

L'intervention des compagnies du département du Nord à l'origine de la formation des compagnies houillères du Pas-de-Calais, a eu pour résultat de donner à quelques-unes d'entre elles, la même organisation et

d'y faire prévaloir les mêmes principes; mais ce fait n'est point général; le décret du 23 octobre 1852, qui défend la fusion des compagnies de mines, à moins d'une autorisation préalable du gouvernement, en leur ôtant ce concours, a nui à leur développement, car il les a privées des moyens d'action puissants que leur fournissait l'appui de sociétés qui apportaient, avec leurs capitaux, l'expérience des travaux de mines.

L'insuffisance de capitaux a été très-sensible dans le Pas-de-Calais; les travaux de mines sont commencés depuis 1849, et cependant il n'y a pas encore de chemins de fer qui desserve les houillères; aucune fosse n'est reliée par chemin de fer aux canaux; bientôt la compagnie du Nord aura terminé la ligne d'Arras à Hazebrouck par Lens et de Lens à Douai; mais il restera encore à relier plusieurs fosses aux chemins de fer et à établir entre elles et le canal de la Bassée des embranchements de chemin de fer pour les expéditions par bateaux; c'est évidemment le manque de capitaux qui retarde l'exécution de travaux essentiels et qui arrête, par suite, le développement de la production. En douze ans on est arrivé seulement à produire 500.000 tonnes; si l'on avait eu assez d'argent pour pouvoir exécuter rapidement les voies de communication, on produirait le double aujourd'hui.

En Belgique beaucoup de sociétés sont constituées comme celles d'Anzin; plusieurs ont également la sagesse de faire chaque année des réserves et de les employer au développement de leurs travaux; mais plus d'une affaire a donné lieu à des spéculations désastreuses; il existait et il existe encore beaucoup de concessions peu importantes; un grand nombre était exploité à forfait et pour un temps limité; de là une concurrence fatale et des ruines fréquentes. Depuis

vingt ans un travail de fusion s'est accompli; de nouvelles compagnies fortement constituées, se sont formées, et les procédés d'exploitation ont été considérablement améliorés. La société générale de Belgique a eu l'honneur de contribuer puissamment à ce résultat.

Une seule compagnie peut être comparée pour l'importance à celle d'Anzin, c'est la compagnie de Mariemont, réunie à celles de l'Olive et de Barcoup, sous la direction de M. Warocquié; elle produit cinq à six millions d'hectolitres par an, à peu près la moitié de ce que produit Anzin; là comme au Grand-Hornu, comme dans plusieurs grandes compagnies de Belgique, toutes les dépenses de premier établissement sont payées dans l'année; on ne les répartit point entre plusieurs exercices par voie d'amortissement.

On pourrait citer un assez grand nombre de compagnies qui produisent de 1 à 2.500.000 hectolitres, mais il y en a peu qui dépassent ce dernier chiffre.

En résumé, au point de vue de leur organisation et de leur puissance financière, nos compagnies du nord de la France, malgré les difficultés financières que rencontre le Pas-de-Calais, sont en état de lutter avec celles de la Belgique.

En est-il de même avec l'Angleterre? Nous le croyons. Les Anglais disposent sans doute de capitaux très-considérables, mais la sagesse qui a toujours présidé à la direction de nos houillères du Nord nous permet de croire que ce ne sera pas pour celles-ci une cause d'infériorité trop marquée.

Ce qui donne aux affaires de houilles en Angleterre un grand avantage, ce n'est point seulement l'abondance de capitaux, c'est que les exploitants ont beau-

coup moins de dépenses de premier établissement pour monter un siége d'exploitation, et qu'ils ont des voies de communication nombreuses et faciles qui leur ouvrent un marché énorme sur lequel ils écoulent facilement leurs produits.

V.

La houille est une matière lourde et encombrante, qui sous un gros volume et un poids considérable présente une faible valeur; c'est dire combien les voies de transport qui desservent des houillères exercent d'influence sur leur développement et leur prospérité. Voies de transport. Tarifs.

Les charbonnages du département du nord de la France sont les mieux desservis de France; ils sont à la fois à la portée de nos meilleurs canaux et d'une excellente ligne de chemin de fer; les charbonnages du Pas-de-Calais jouiront bientôt des mêmes avantages; aujourd'hui ils ne sont reliés ni au chemin du nord ni aux canaux.

Les mines d'Anzin et de Douchy chargent en bateaux sur le haut Escaut; ceux-ci remontent à Cambrai; là, ils prennent le canal de Saint-Quentin, le suivent et parcourent successivement pour arriver à la Villette, le canal de Manicamp, le canal latéral à l'Oise, l'Oise canalisée, la partie de la basse Seine comprise entre Conflans et la Briche, Saint-Denis et le canal Saint-Denis; elles peuvent encore avancer plus loin dans Paris par le canal Saint-Martin.

Les bateaux qui se dirigent sur Rouen, débouchent de l'Oise canalisée dans la Seine et descendent le fleuve jusqu'à Rouen; ils peuvent même pousser jusqu'au Havre.

Voici quel est leur parcours sur Paris (1) :

| | mèt. |
|---|---|
| De Valenciennes à Cambrai, par la rivière de l'Escaut. | 34.342 |
| Canal de Saint-Quentin (y compris le bassin franc de Cambrai). . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 93.380 |
| Canal de Manicamp et canal latéral à l'Oise. . . . . . | 33.461 |
| Oise canalisée . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 103.000 |
| De l'embouchure de l'Oise à la Briche (basse Seine). . | 40.400 |
| Canal Saint-Denis (de la Briche au bassin de la Villette, canal de l'Ourcq). . . . . . . . . . . . . . . | 6.600 |
| Du bassin de la Villette à la Seine, dans Paris. . . . . | 4.600 |
| Distance totale de Valenciennes à Paris. . . . | 315.383 |

| | kil |
|---|---|
| De l'embouchure de l'Oise à Rouen, on compte. . . . | 173 |
| De Rouen au Havre. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 151 |
| En sorte que par eau la distance de Valenciennes à Rouen est de. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | mèt. 437.183 |
| et celle de Valenciennes au Havre est de. . . . . | 588.183 |

Sur la grande voie que nous venons d'indiquer, s'embranchent d'autres voies navigables par lesquelles nos mines du Nord expédient dans tous les départements voisins.

Près Saint-Simon, sur le canal Saint-Quentin, prend naissance le canal de la Somme qui passe à Péronne, Amiens et Abbeville et finit à Saint-Valery.

| | mèt. |
|---|---|
| Distance de Valenciennes à Saint-Simon (canal Crozat). | 103.722 |
| De Saint-Simon à Amiens. . . . . . . . . . . . . . . . . | 93.232 |
| Total. . . . . . . . . | 196.954 |

Le canal de Saint-Quentin a un embranchement de Fargniers à la Fère qui le met en communication avec le canal de la Sambre à l'Oise, auquel fait suite la Sambre canalisée; par là, les houilles du département du Nord peuvent pénétrer dans les départements de

(1) Ces nombres sont extraits d'une carte publiée par M. Granger (1846).

l'Aisne et du Nord, mais les houilles de Charleroi ne leur permettent point d'y arriver.

L'Aisne se jette dans l'Oise à 3 kil. au-dessous de Compiègne; elle est navigable entre ce point et Condé-sous-Vailly; de Condé-sous-Vailly à Neufchâtel s'étend le canal latéral à l'Aisne, et de Neufchâtel part le canal des Ardennes qui aboutit à Donbar sur la Meuse, et met en communication le versant de la Meuse avec celui de la Seine.

Les houilles du département du Nord arrivent par cette voie dans les arrondissements de Soissons et de Laon, passent dans le canal des Ardennes, puis dans la Meuse et atteignent ainsi Neufchâtel, Rethel, Vouziers et Sedan.

En face de Berry-au-Bac, sur le canal latéral à l'Aisne, prend naissance le canal de l'Aisne à la Marne, passant par Reims, dont le but est de mettre les voies navigables du Nord et du Rhin en communication entre elles et avec Reims; la partie comprise entre cette ville et Berry-au-Bac est seule livrée à la navigation; il serait très-désirable que ce canal fût achevé, il ouvrirait aux houilles du Nord et de Belgique un débouché important en Champagne.

*Parcours entre Valenciennes et Sedan.*

| | mèt. |
|---|---|
| De Valenciennes à l'embouchure de l'Aisne. . . . . . | 165.183 |
| De l'embouchure de l'Aisne à Neufchâtel; Aisne canalisée et canal latéral. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 63.000 |
| Canal des Ardennes (non compris l'embranchement de Vouziers). . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 92.994 |
| De Donchery, embouchure du canal des Ardennes à Sedan (Meuse). . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10.800 |
| Total. . . . . . . . | 331.977 |

Pour pénétrer dans le Nord et dans le Pas-de-Calais jusque sur le littoral, les mines du bassin de Valen-

ciennes empruntent un autre réseau de voies navigables.

D'Etrun, point situé sur le haut Escaut, au-dessus de Bouchain, part le canal de la Sensée qui joint la Scarpe à Corbehem, à 3 kil. au-dessous de Douai.

La Scarpe est canalisée; elle a son embouchure dans l'Escaut, près de Mortagne, et se divise en trois parties; la basse Scarpe comprise entre Mortagne et le fort de la Scarpe, la moyenne Scarpe comprise entre le fort de la Scarpe et Corbehem, et la haute Scarpe comprise entre Corbehem et Arras; c'est à partir de cette ville qu'elle commence à être navigable.

Les bateaux chargés à Valenciennes peuvent remonter l'Escaut jusqu'à Etrun, parcourir le canal de la Sensée et remonter ensuite la Scarpe jusqu'à Arras; ils peuvent encore, arrivés à Corbehem, descendre la Scarpe jusqu'à Douai et se rendre dans le canal de la haute Deule pour gagner Lille et le littoral; mais une autre voie leur est ouverte dans cette direction, ils descendent l'Escaut jusqu'à Mortagne, entrent dans le canal de la Scarpe et remontent jusqu'au fort de la Scarpe.

*Parcours de Valenciennes à Arras.*

| | |
|---|---|
| | mèt. |
| De Valenciennes à Etrun (haut Escaut). . . . . . . . . | 18.566 |
| D'Etrun à Corbehem (canal de la Sensée). . . . . . . . | 25.006 |
| De Corbehem à Arras (haute Scarpe). . . . . . . . . . | 40.000 |
| Total. . . . . . . . | 83.572 |

| | |
|---|---|
| | mèt. |
| De Corbehem au fort de la Scarpe, on compte. . . . . | 5.036 |
| En sorte que le parcours par eau de Valenciennes au fort de la Scarpe s'élève à. . . . . . . . . . . . . | 43.572 |

En descendant l'Escaut et remontant le canal de la Scarpe, ils parcourent les distances suivantes :

| | mèt. |
|---|---|
| Valenciennes à Condé | 12.915 |
| Condé à Mortagne | 12.627 |
| Mortagne au fort de la Scarpe | 36.420 |
| Total | 61.962 |

Cette seconde voie allonge le parcours de 18.390$^{m}$.

C'est du fort de la Scarpe que partent tous les bateaux se dirigeant soit sur Lille, soit sur Hazebrouck, Calais et Dunkerque.

Le canal de la Deule prend son origine au fort de la Scarpe et a son embouchure dans la Lys ; il se divise en deux parties :

| | mèt. |
|---|---|
| 1° La haute Deule, entre le fort de la Scarpe et Wazemmes-lez-Lille. Longueur | = 47.602 |
| 2° La basse Deule, entre Wazemmes et la Lys. Longueur | = 18.050 |

La distance de Valenciennes à Lille est :

| | |
|---|---|
| 1° Par la Sensée | 91.174 |
| 2° Par la Scarpe | 105.534 |

On a voulu réunir la basse Deule à l'Escaut par un canal qui aurait passé à Roubaix et facilité l'alimentation de cette ville en charbons, soit de Belgique, soit de France. Ce canal, connu sous le nom de canal de Roubaix et de l'Espierre, est à point de partage ; ce point est situé entre Wasquehal et la ville de Roubaix. La branche du versant de la Deule débouche à Marquette dans le canal de la basse Deule, à 3 kil. environ au-dessous de Lille ; la branche opposée suit la vallée de l'Espierre et débouche dans l'Escaut au confluent de cette petite rivière, dont il porte le nom sur le territoire belge.

Les eaux devaient être fournies au point de partage et à la branche de descente vers l'Escaut par la rivière

de Marq, et devaient passer par un souterrain ; mais l'exécution de celui-ci présenta de telles difficultés qu'on dut y renoncer. Aujourd'hui Roubaix est relié à l'Escaut par le canal de l'Espierre, mais la jonction n'est point faite avec la basse Deule ; il y a une lacune de 2.779 mètres sur une longueur totale de 27.400 mètres.

| | mèt. |
|---|---|
| Partie à l'ouest de Roubaix. . . . . . . | 10.055 |
| Lacune. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2.779 |
| De Roubaix à l'Escaut. . . . . . . . . . | 14.566 |
| Total. . . . . . . . | 27.400 |

Les bateaux partant de Valenciennes ont le parcours suivant :

| | mèt. |
|---|---|
| Valenciennes à Condé (Escaut). . . . . | 12.915 |
| Condé au canal de Roubaix (Escaut). . | 42.857 |
| De l'Escaut à Roubaix . . . . . . . . . | 14.560 |
| Total. . . . . . . . | 70.332 |

Si le canal de Roubaix était achevé, le parcours pour arriver à Lille par cette voie serait

| | mèt. |
|---|---|
| Valenciennes à Roubaix. . . . . . . . . | 70.332 |
| Roubaix à Marquette. . . . . . . . . . | 12.480 |
| Marquette à Lille (basse Deule). . . . . | 4.716 |
| Total. . . . . . . . | 87.528 |

La distance serait moindre que par la Scarpe et même que par la Sensée ; mais le bassin de Valenciennes n'en profiterait point, parce que la distance de Mons à Lille se trouverait considérablement raccourcie ; il ne peut que perdre à l'achèvement du canal de Roubaix.

A Beauvin, sur le canal de la haute Deule, à moitié chemin entre Douai et Lille, se détache le canal d'Aire à la Bassée, qui mène vers le littoral.

A Aire on entre dans le canal de Neuf-Fossés, puis

on prend le canal de l'Aa, qui mène au port de Gravelines.

A Watten, sur le canal de l'Aa, prend naissance la ligne de Dunkerque, qui comprend :

1° Le canal de la Haute-Colme ;

2° Le canal de Bergues.

Le canal du Commerce un peu plus bas, au fort Brion.

Nous ne parlerons point de diverses lignes secondaires, telles que la Lys, les canaux d'Hazebrouck, le canal de Bourbourg, etc.

Les parcours de Valenciennes à Gravelines, Dunkerque et Calais, sont les suivants :

1° *De Valenciennes à Gravelines.*

| | mèt. |
|---|---|
| De Valenciennes au fort de la Scarpe, par la Sensée. | 43.572 |
| Du fort de la Scarpe à Beauvin (par la haute Deule). | 25.606 |
| De Beauvin à Aire ; canal d'Aire à la Bassée. . . . . | 41.250 |
| D'Aire à Saint-Omer, canal de Neuf-Fossés . . . . . . | 18.240 |
| Saint-Omer à Gravelines, canal de l'Aa. . . . . . . . | 32.000 |
| Total. . . . . . . . | 160.668 |

2° *De Valenciennes à Dunkerque.*

| | mèt. |
|---|---|
| De Valenciennes à Saint-Omer . . . . . . . . . . . . | 128.668 |
| De Saint-Omer à Watten, canal de l'Aa. . . . . . . . | 11.500 |
| De Watten à Bergues, canal de la haute Colline. . . . | 24.785 |
| Canal de Bergues à Dunkerque. . . . . . . . . . . . . | 8.536 |
| Total. . . . . . . . | 173.481 |

3° *De Valenciennes à Calais.*

| | mèt. |
|---|---|
| De Valenciennes à Saint-Omer. . . . . . . . . . . . . . | 128.668 |
| De Saint-Omer au fort Brion, canal de l'Aa. . . . . . | 17.500 |
| Du fort Brion à Calais, canal de Calais. . . . . . . . . | 30.120 |
| Total. . . . . . . . | 176.288 |

Nous n'avons considéré jusqu'à présent que les mines du Nord ; presque toutes chargent à bateaux sur l'Escaut.

Les mines du Pas-de-Calais sont placées les unes près du canal d'Aire, à la Bassée, comme Nœux et Lens, les autres près de la haute Deule, comme Dourges et Carrières ; c'est sur ces deux canaux qu'elles chargent à bateaux pour expédier soit vers le littoral, soit vers Lille et vers Paris. Pour faire apprécier leur position quant aux expéditions par canaux, nous donnerons les parcours en bateaux de Béthune à destination de trois points, Dunkerque, Lille et Paris.

1° *Parcours en bateaux de Béthune à Dunkerque.*

| | mèt. |
|---|---|
| De Béthune à Saint-Omer, canal d'Aire à la Bassée. . | 19.858 |
| Canal de Neuf-Fossés, d'Aire à Saint-Omer. . . . . . . | 18.240 |
| Saint-Omer à Watten, canal de l'Aa. . . . . . . . . . | 11.500 |
| De Watten à Bergues, canal de la haute Colline. . . | 24.785 |
| Canal de Bergues à Dunkerque. . . . . . . . . . . . . | 8.536 |
| Total. . . . . . . . | 82.919 |

2° *De Béthune à Lille.*

| | mèt. |
|---|---|
| De Béthune au bac à Beauvois, canal d'Aire à la Bassée. | 21.392 |
| De Beauvois à Lille, canal de la haute Deule. . . . . | 21.996 |
| Total. . . . . . . . | 43.388 |

3° *De Béthune à Paris.*

| | mèt. |
|---|---|
| De Béthune au bac à Beauvois. . . . . . . . . . . . . | 21.392 |
| De Beauvois au fort de la Scarpe, haute Deule. . . . | 25.606 |
| Du fort de la Scarpe à Corbehem, canal de la Sensée. | 5.036 |
| Canal de la Sensée, Corbehem à Etrun. . . . . . . . . | 25.044 |
| Etrun à Cambrai. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 15.776 |
| Canal de Saint-Quentin. . . . . . . . . . . . . . . . . | 93.380 |
| Canal de Manicamp et canal latéral à l'Oise. . . . . . | 33.461 |
| Oise canalisée. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 108.000 |
| Basse Seine. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 40.400 |
| Canal Saint-Denis. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6.600 |
| Distance du bassin de la Villette à la Seine. . . . . . | 4.600 |
| Total. . . . . . . . | 374.295 |

Différences de parcours entre Béthune et Valenciennes.

| | mèt. |
|---|---|
| 1° Sur Dunkerque, en moins...... | 90.570 |
| 2° Sur Lille, en moins......... | 47.786 |
| 3° Sur Paris, en plus........... | 58.912 |

Ces nombres montrent que par eau le bassin de Valenciennes a l'avantage sur le Pas-de-Calais pour les expéditions dans la direction de Paris au delà de Cambrai, et qu'il est moins bien placé pour expédier vers Lille et le littoral.

La Belgique a deux grandes lignes de voies navigables ponr expédier en France, l'une partant de Mons et desservant les bassins de Mons et du Centre, l'autre partant de Charleroi et desservant le bassin de Charleroi. Ces deux lignes se réunissent à Fargniers, près de la Fère, et se confondent en une seule dans la direction de Paris.

La ligne de Mons à Paris comprend :

| | mèt. |
|---|---|
| Le canal de Mons à Condé....... | 23.737 |
| Escaut : de Condé à Valenciennes... | 12.915 |
| Valenciennes à Paris.......... | 315.383 |
| Total........ | 352.035 |

Le parcours de Mons à Paris dépasse celui de Valenciennes de 36.652 mètres.

Pour arriver à Lille, les parcours sont les suivants :

| | mèt. |
|---|---|
| Mons à Condé...................... | 23.737 |
| Rivière de l'Escaut, Condé à Mortagne........ | 12.627 |
| Mortagne au fort de la Scarpe, canal de la Scarpe... | 36.420 |
| Du fort de la Scarpe à Lille, canal de la haute Deule. | 47.602 |
| Total....... | 120.386 |

| | mèt. |
|---|---|
| De Valenciennes, il y a par la Sensée. | 91.174 |
| Soit en moins......... | 29.212 |
| De Béthune, on compte........ | 43.388 |
| Soit en moins......... | 76.998 |

Valenciennes a donc un faible avantage pour arriver à Lille; celui des houillères du Pas-de-Calais est au contraire très-marqué.

Si le canal de Roubaix était terminé, Mons aurait les parcours suivants :

| | mèt. |
|---|---|
| Mons à Condé. . . . . . . . . . . . . . . | 23.737 |
| Condé au canal de Roubaix, Escaut. . | 44.857 |
| Canal de Roubaix. . . . . . . . . . . . | 27.400 |
| Total. . . . . . . . | 95.994 |

La différence ne serait plus que 52.606 mètres par rapport à Béthune, et de 4.820 mètres par rapport à Valenciennes. Si l'achèvement du canal de Roubaix facilitait l'approvisionnement de Lille par Mons, il permettrait d'autre part au bassin du Pas-de-Calais de venir faire concurrence à Mons sur le marché de Roubaix.

En effet, le parcours de Mons à Roubaix est le suivant :

| | mèt. |
|---|---|
| Canal de Mons à Condé. . . . . . . . . | 23.737 |
| Condé au canal de Roubaix. . . . . . . | 44.857 |
| De l'Escaut à Roubaix. . . . . . . . . . | 14.566 |
| Total. . . . . . . . | 83.160 |

Le canal de Roubaix étant achevé, les bateaux de Béthune y arriveraient avec un parcours moindre.

| | mèt. |
|---|---|
| Béthune à Beauvin. . . . . . . . . . . . | 21.392 |
| Beauvin à Lille, haute Deule. . . . . . | 21.996 |
| Lille à Marquette, basse Deule. . . . . | 4.716 |
| De Marquette à Roubaix. . . . . . . . | 12.834 |
| Total. . . . . . . . | 60.938 |
| Différence. . . . . = | 22.122 |

Les houillères qui chargent sur la haute Deule, auront un avantage plus marqué encore.

Ainsi, l'achèvement du canal de Roubaix, qui autrefois eût tourné presque exclusivement au profit du

bassin de Mons et au détriment du bassin de Valenciennes, doit permettre à nos houillères du Pas-de-Calais de venir partager le marché de Roubaix avec Mons ; il n'est pas moins désirable pour elles que pour Roubaix ; Lille en profitera parce que ce canal déterminera un abaissement du fret de Mons, et augmentera sur son marché la concurrence des houillères indigènes et étrangères.

Les bateaux de Mons qui se dirigent vers le littoral descendent tous le canal de la Scarpe et passent au fort de la Scarpe, pour entrer dans la haute Deule et se diriger soit vers Lille, soit vers Calais et Dunkerque.

Pour arriver vers Calais et Dunkerque, ils passent à Béthune; or de Mons à Béthune la distance par eau est de :

| | mèt. |
|---|---|
| Mons au fort de la Scarpe, par la Scarpe. | 72.784 |
| Du fort de la Scarpe à Béthune. . . . . . | 46.998 |
| Total. . . . . . . . | 119.782 |

Ce qui donne un avantage énorme à nos houillères du Pas-de-Calais pour l'approvisionnement du littoral, avantage qu'elles conservent vis-à-vis des houillères du département du Nord ; car la distance de Valenciennes à Béthune est de 90.570 mètres, soit seulement 29.212 mètres de moins que de Mons.

Vers Paris, Mons a l'avantage sur le Pas-de-Calais.

| | mèt. |
|---|---|
| Distance de Mons à Paris. . . . . . . | 352.035 |
| Distance de Béthune à Paris. . . . . . | 374.295 |
| Différence en faveur de Mons. . . | 22.260 |

La ligne de Charleroi à Fargniers, point où elle joint celle de Mons, comprend à partir de Charleroi :

| | mèt. |
|---|---|
| Sambre canalisée : de Charleroi à Landrecies. . . . | 97.460 |
| Canal de la Sambre à l'Oise, Landrecies à la Fère. . | 67.030 |
| Embranchement de la Fère, du bassin de Fargniers à la Fère, de Fargniers à Chauny. . . . . . . . . . . | 3.800 |
| Total. . . . . . . . | 168.290 |

Nous avons :

| | mèt. | Différence. |
|---|---|---|
| Distance de Mons à Fargniers. | 155.064 | — 13.126 |
| — de Valenciennes. . . | 120.722 | — 37.568 |
| — de Béthune. . . . . . | 179.234 | + 37.944 |

Ainsi, pour tous les points situés au delà de Fargniers vers Paris, Charleroi a le désavantage d'un excédant sur Mons et Valenciennes ; il a, au contraire, l'avantage vis-à-vis du Pas-de-Calais.

Mons et Valenciennes voient leurs avantages diminuer rapidement quand leurs bateaux remontent à la Fère et vers Landrecies.

Pour l'arrivée dans le canal de la Somme, l'avantage qu'ils ont, s'accroît du double de la distance de Saint-Simon à Fargniers qui est de 17.000 mètres ; car ils ont cette distance en moins à parcourir, tandis que les bateaux de Charleroi l'ont en plus ; c'est donc 34 kil. à ajouter aux nombres posés plus haut.

Charleroi expédie aussi en France par la Sambre et la Meuse ; les bateaux descendent à Namur et là remontent la Meuse jusqu'à Givet et au delà. Une autre voie leur est encore ouverte pour entrer dans les Ardennes ; le chemin de fer d'entre Sambre-et-Meuse qui va de Charleroi à Vireux les amène à Vireux ; là on les charge en bateaux ; ceux-ci remontent la la Meuse jusqu'à Mézières et Sedan.

Le bassin houiller du Centre est relié au canal de Mons à Condé par le chemin de fer de Manage à Mons ; les embranchements partant des fosses aboutissent à

ce chemin, mais les wagons ont un parcours de 12 à 14 kil. avant d'arriver au canal; ce qui place ce bassin dans de mauvaises conditions pour expédier par eau vers la France.

Le bassin de Liége importe une faible quantité de houille en France; elle y pénètre par la voie de la Meuse; la navigation est difficile; le fret élevé.

Les voies navigables qui partent de la Belgique et vont sur Paris, sont en général dans de bonnes conditions; sur une grande partie du parcours le tirant d'eau normal est de 2 mètres, l'enfoncement des bateaux de 1m,80, et leur tonnage varie de 200 à 250 tonnes.

Les canaux sont susceptibles cependant d'améliorations; il y a des ponts à reconstruire, certains passages à élargir, des chemins de halage à améliorer; en 1858 et en 1859, par suite de l'extrême sécheresse on a manqué d'eau; il a fallu faire d'urgence une rigole de dérivation pour amener des eaux de l'Oise dans le canal de Saint-Quentin; mais ce sont là des circonstances exceptionnelles. Dans son rapport au conseil général de l'Aisne pour l'année 1858, M. l'ingénieur en chef Raymont Legrand, évalue à 2.800.000 francs la dépense à faire pour achever de mettre en parfait état la grande ligne navigable formée par le canal de Mons à Condé (partie française), le haut Escaut, le canal de Saint-Quentin, le canal de Manicamp, le canal latéral à l'Oise et l'Oise canalisée.

La Sambre canalisée et le canal de la Sambre à l'Oise sont concédés; il y passe des bateaux d'un tonnage de 200 à 250 tonneaux.

Les canaux qui mènent de Mons vers Lille et Calais sont à grande section et reçoivent des bateaux d'un fort tonnage.

La Scarpe inférieure, de l'Escaut au fort de la Scarpe, a été complétement perfectionnée ; la Scarpe supérieure, entre le fort de la Scarpe et Arras, est loin de se trouver dans d'aussi bonnes conditions.

Le canal de la haute Deule présente un tirant d'eau normal de $1^m,50$ entre Douai et Lille; celui de la basse Deule de $1^m,60$; ces canaux reçoivent des bateaux de plus de 200 tonnes; le halage s'y opère dans de bonnes conditions.

Le canal d'Aire à la Bassée, qui joint la Deule à la Lys, a un tirant d'eau de $1^m,50$ et reçoit des bateaux de 200 tonneaux; la navigation est facile.

Les canaux de Neuf-Fossés, de l'Aa, de Bourbourg, de Bergues à Dunkerque et de Calais reçoivent de grands bateaux; la navigation est en général dans des conditions satisfaisantes.

Il s'en faut qu'il en soit de même de tous les canaux dont nous avons parlé.

Dans le canal de la Somme, l'eau manque souvent; le halage est mal organisé, le tirant d'eau entre Saint-Simon et Abbeville est de $1^m,65$, la charge des bateaux ne dépasse pas 180 tonnes.

Sur l'Aisne canalisée et sur le canal latéral à l'Aisne, le tonnage des bateaux est d'environ 180 tonnes, le tirant d'eau normal de $1^m,60$.

Le canal de l'Aisne à la Marne est inachevé; la navigation entre Berry-au-Bac et Reims est imparfaite; il faut emprunter de l'eau à la petite rivière de Vesles, et, par suite, payer de fortes indemnités aux usiniers; le tirant d'eau normal est de $1^m,60$, mais il arrive quelquefois qu'il descend à $0^m,50$; les chômages sont fréquents.

Dans le canal des Ardennes, le tirant d'eau normal

est de $1^m,30$ ; la charge des bateaux atteint seulement 125 tonnes.

La Meuse présente des coudes nombreux ; entre Verdun et Sedan, le tirant d'eau n'est que de $0^m,35$ à $0^m,40$ ; la navigation n'est possible qu'à la descente ; dans la basse Meuse, de Sedan à la frontière, le tirant d'eau n'est que de $0^m,55$ à $0^m,60$, et la charge des bateaux atteint au plus 150 tonneaux.

Il reste à exécuter de nombreux travaux qui permettront aux bateaux de prendre 1 mètre d'enfoncement en rivière, et $1^m,30$ dans les dérivations.

Les mines du Nord ne sont pas moins bien desservies par les chemins de fer que par les canaux.

Le chemin du Nord traverse le bassin en allant de Valenciennes à Douai ; de Douai il se dirige d'une part sur Lille, Calais et Dunkerque, d'autre part sur Arras, Amiens et Paris ; la nouvelle ligne de Somain à Busigny par Cambrai établit une communication avec Saint-Quentin et raccourcit le trajet sur Paris.

Le bassin du Pas-de-Calais manque totalement encore de voies ferrées, mais cette lacune regrettable qui nuit si fort à son développement sera bientôt comblée ; on construit en ce moment un chemin de fer d'Arras à Hazebrouck, passant par Lens, Béthune, Lillers et Thiennes ; un embranchement de Lens à Carvin dessert les houillères de Billy, Montigny, Courrières, Dourges, etc., et les met en communication avec Lille et Douai ; de petits embranchements, conduisant au canal de la Bassée, compléteront le système des voies qui assureront le développement des houillères du Pas-de-Calais.

Les bassins belges sont encore mieux desservis par les chemins de fer que les bassins du Nord ; ils sont

pourvus de voies ferrées qui rayonnent vers la France dans toutes les directions.

Le bassin de Mons expédie par la ligne de Mons à Quievrain et Valenciennes à laquelle toutes les fosses sont reliées ; la compagnie de Mons à Hautmont vient de le rattacher à la grande ligne de Charleroi à Paris et de lui ouvrir une voie plus courte sur Paris et de nouveaux marchés dans cette direction.

Le bassin du centre peut pénétrer en France par les mêmes points, grâce à la ligne de Manage à Mons ; il a une voie plus directe encore par la ligne du centre qui va de Soignies à Erquelines.

Enfin le bassin de Charleroi a une voie directe sur Paris passant par Erquelines, Maubeuge, Saint-Quentin et Creil.

La compagnie de Tergnier à Reims ouvre à tous les charbons du nord de la France et de la Belgique la route de la Champagne.

Le tableau suivant donne les distances, par chemin de fer, de Quievrain, Erquelines, Somain et Douai, aux principaux centres de consommation.

| DESTINATION. | DISTANCE DE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Quiévrain. | Hautmont. | Erquelines. | Somain. | Douai. |
| Paris. . . . . | 262 | 223 | 239 | 228 | 216 |
| Creil. . . . . | 213 | 174 | 190 | 180 | 168 |
| Busigny . . . | 85 | 44 | 60 | 51 | 66 |
| Amiens . . . | 139 | 200 | 316 | 106 | 94 |
| Lille . . . . . | 82 | 159 | 143 | 49 | 34 |
| Calais . . . . | 186 | 246 | 263 | 152 | » |

Somain représente le bassin de Valenciennes, Douai celui du Pas-de-Calais, Erquelines ceux du centre et de Charleroi, Quievrain et Hautmont celui de Mons.

On voit que sur Paris les chemins de fer enlèvent à nos bassins les avantages de parcours que leur lais-

saient les canaux ; Busigny est le point où se rencontrent tous les wagons dirigés vers Saint-Quentin, Fargniers et Paris ; on y arrive à peu près dans les mêmes conditions de la frontière que de Somain et de Douai ; nos bassins houillers ont, il est vrai, un transport moindre de fosses à Somain ou Douai que les bassins belges à la frontière ; mais cet avantage est faible.

Les charbons anglais qui arrivent sur notre marché viennent presque tous de Newcastle ; ils sont chargés en navire sur les rivages de la Tyne qui sont reliés aux mines par des chemins de fer ; ces navires viennent à Dunkerque, Calais, Boulogne, Saint-Valery, le Tréport, Dieppe, le Havre et Rouen où ils déchargent.

De ces divers ports les charbons pénètrent à l'intérieur soit par les canaux, soit par les chemins de fer qui y aboutissent et que nous avons décrits, soit par la Seine et le chemin de fer de l'Ouest.

De la description succincte des voies qui servent à amener la houille aux lieux de consommation, ressort un fait capital ; c'est qu'il n'est pas un seul point du territoire où les houilles du nord de la France ne rencontrent la concurrence étrangère ; dans la direction de Paris et le littoral, le bassin de Valenciennes emprunte pour ses produits les mêmes canaux et les mêmes chemins de fer que le bassin de Mons ; à Amiens il rencontre les houilles anglaises qui viennent de Boulogne ; à partir de Busigny par chemin de fer et de Fargniers par canaux, il se trouve en contact avec les produits de Charleroi et du centre ; les houilles anglaises le repoussent de tous les points du littoral.

Si le Pas-de-Calais trouve la même concurrence dans la direction de Paris, il est mieux placé pour expédier vers le littoral ; c'est avec l'Angleterre de ce côté qu'il soutient la lutte.

Tarifs des canaux et des chemins de fer.

Nous allons voir, d'après les prix des frets et d'après les tarifs du chemin de fer, en quoi consiste l'avantage que donne à nos mines une proximité un peu plus grande des principaux centres de consommation.

Le fret de Mons se règle d'après le fret sur la Villette; il est établi à l'hectolitre; on distingue le charbon léger et le charbon lourd; le poids de l'hectolitre de charbon léger est invariablement de 80 kil.; c'est le poids de l'hectolitre de gros ou de gailleterie; le poids du charbon lourd varie de 87 à 92 kil.; nous admettrons le poids de 90 kil.

L'été le fret sur la Villette est de $0^{f},70$ environ l'hectolitre de charbon léger; voici les frets sur divers points :

| | Hectolitre. Léger. fr. | Hectolitre. Lourd. fr. | Par 1.000 kilog. fr. |
|---|---|---|---|
| Paris | 0,70 | » | 8,75 |
| Valenciennes | » | 0,15 | 1,66 |
| Saint-Quentin | » | 0,36 | 4,00 |
| Fargniers | » | 0,43 | 4,77 |
| Compiègne | 0,45 | 0,51 | 5,62 |
| Pontoise | 0,55 | 0,62 | 6,87 |
| Soissons | 1,53 | 0,60 | 6,62 |
| Reims | 0,61 | 0,70 | 7,62 |
| Sedan | 1,05 | 1,20 | 13,12 |
| Amiens | 0,60 | 0,68 | 7,50 |
| Abbeville | 0,80 | 0,90 | 10,00 |
| Rouen | 0,825 | » | 10,31 |
| Arras | » | 0,40 | 4,44 |
| Lille | » | 0,32 | 3,55 |
| Calais | 0,53 | 0,56 | 6,62 |
| Dunkerque | 0,54 | 0,61 | 6,75 |

Le fret de Valenciennes se règle sur celui de Mons il est généralement de $0^{f},10$ moins élevé à l'hectolitre; de Denain et de Lourches, la différence atteint $0^{f},15$; c'est là l'avantage que les houillères du bassin de Valenciennes ont sur celui de Mons et qu'elles doivent à

leur position ; on peut l'évaluer de 1f,10 à 1f,25 par tonne dans les expéditions par eau ; l'été le fret moyen sur Paris est donc de 7f,50.

Le fret de Charleroi sur Paris sert de base aux frets sur divers points ; il est établi par 1.000 kil. ; l'été il varie de 10 à 11 francs ; l'hiver il monte à 13 ou 14 francs ; avant l'ouverture de la ligne de Charleroi à Paris, il était généralement plus élevé et atteignait en certains moments un taux très-considérable ; là comme à Mons la concurrence des chemins de fer a été très-favorable au consommateur.

Le fret sur Paris étant de 11 francs aux 1,000 kil., voici les frets sur divers points :

| | fr. |
|---|---|
| La Fère. . . . . . . . . . . . . . | 7,15 |
| Compiègne . . . . . . . . . . . . | 8,30 |
| Soissons. . . . . . . . . . . . . . | 9,00 |
| Reims. . . . . . . . . . . . . . . | 10,00 |
| Sedan. . . . . . . . . . . . . . . | 14,50 |
| Amiens . . . . . . . . . . . . . . | 10,50 |
| Abbeville. . . . . . . . . . . . . | 11,50 |
| Rouen. . . . . . . . . . . . . . . | 12,50 |
| Pontoise. . . . . . . . . . . . . . | 9,65 |

Quand le bassin du Centre expédie par eau en France, il envoie charger ses charbons au bassin du canal de Mons à Condé, près de Mons ; au fret de Mons sur le lieu de destination, il faut donc ajouter les frais de transport par chemin de fer à Mons ; ils s'élèvent à 1f,75 par tonne.

En résumé, le bassin de Valenciennes a pour les expéditions par eau à la Villette les avantages suivants :

| | fr. | | fr. |
|---|---|---|---|
| 1° Sur le bassin de Mons. . . . | 1,10 | à | 1,25 |
| 2° Sur celui du Centre. . . . . | 2,85 | à | 3,00 |
| 3° Sur celui de Charleroi. . . . | 2,50 | à | 3,50 |

Vis-à-vis de l'Angleterre, sa position est autre.

Les cours du fret d'Angleterre pour divers ports de France étaient les suivants au 15 novembre 1858 :

| | Par keel. liv. st. | Par tonne française. fr. |
|---|---|---|
| Bordeaux | 15,10 | 18,33 |
| Abbeville | 12,10 | 14,19 |
| Boulogne-sur-Mer | 8,10 | 10,07 |
| Calais | 8,15 | 10,35 |
| Dieppe | 10,00 | 11,82 |
| Dunkerque | 8,10 | 10,07 |
| Havre | 11,10 | 13,00 |
| Rouen | 12,10 | 14,78 |
| Saint-Valery | 10,10 | 12,41 |
| Tréport | 10,10 | 12,41 |

Le keel pèse 21.475 kil. ; le cours du change était de 25f,40 sur la place de Paris.

L'été, le fret est de 1 à 2 francs moins cher; prenons-le au plus bas, et établissons la comparaison avec les charbons français et belges pour Calais, Rouen et Abbeville.

Frais de transport à destination de :

| | Rouen. | Calais. | Abbeville. |
|---|---|---|---|
| Charbon anglais | 12,78 | 8,35 | 12,19 |
| — de Valenciennes | 9,16 | 1,47 | 8,75 |
| — de Mons | 10,31 | 6,62 | 10,00 |
| — de Charleroi | 12,50 | » | 10,50 |

Sur les trois points que nous avons choisis comme termes de comparaison, nous voyons que nos charbons français ont sur le charbon anglais un avantage de 3 à 4 francs par tonne.

Il est balancé par une plus grande lenteur dans les expéditions; il faut de un à deux mois à un bateau partant de Valenciennes pour se rendre à destination; un navire partant des bords de la Tyne arrive en quelques jours au port de déchargement.

Les voies navigables qui aboutissent aux ports de

leur permettent aux charbons anglais de pénétrer dans l'intérieur des terres; mais en remontant celles qui partent de Calais, Dunkerque, Saint-Valéry et Rouen, ils se rapprochent des houillères de France et de Belgique; les frais de transport augmentent pour eux, tandis qu'ils diminuent pour leurs concurrents.

Nous n'avons point parlé jusqu'à présent du bassin du Pas-de-Calais; les conditions de transport sont aujourd'hui très-variables pour chaque fosse; nous prendrons pour exemple le charbon des mines de Nœux : la fosse est à 6 ou 7 kil. des rivages de Béthune, où le chargement a lieu en bateaux.

| | fr. |
|---|---|
| Transport par terre les 1.000 kil. . . . | 1,89 |
| Mise à bateaux. . . . . . . . . . . . . | 0,28 |
| Fret de Béthune à Calais. . . . . . . . | 2,55 |
| Total. . . . . . . . | 4,72 |

Le fret de Béthune sur Dunkerque est 2f,65.

Le fret de Béthune sur Paris peut être évalué de 9 francs à 9f,50.

Quand les chemins de fer mettront les fosses en communication avec le canal, au lieu de payer 0f,25 à 0f,30 par tonne, pour arriver à celui-ci, elles ne payeront plus que 0f,06 ; leurs charbons arriveront à Calais et Dunkerque grevés de frais de transport peu élevés.

Boulogne n'est point relié par des canaux au bassin du Pas-de-Calais ; si les houilles de ce bassin y arrivent ce sera par chemin de fer.

Examinons maintenant dans quelles conditions les voies ferrées placent nos houillères.

Le bassin de Mons paye en expédiant sur Paris :

| | fr. |
|---|---|
| 1° Ligne de Mons à Hautmont (provenance flénu). | 1,20 |
| 2° Ligne de Hautmont à Paris. . . . . . . . . . . . | 9,40 |
| Total. . . . . . . . | 10,60 |

De Valenciennes à Paris le transport de la houille coûte 10f,20.

L'avantage est donc seulement de 0f,40; il est moindre que celui laissé par les canaux.

Sur d'autres points, Arras, par exemple, il est un peu plus fort; Mons paye :

| | fr. |
|---|---|
| 1° De Jemmapes à Quiévrain...... | 1,10 |
| 2° De Quiévrain à Douai........ | 4,00 |
| Total........ | 5,10 |
| De Valenciennes à Arras, c'est..... | 3,50 |
| Différence...... | 1,60 |

L'avantage est plus marqué; il se maintient à peu près tel par rapport à toutes les expéditions de Mons, qui empruntent la voie de Quiévrain; c'est par rapport à celles qui ont lieu par Haumont que l'avantage est faible.

Le transport de Charleroi à Paris coûte :

| | fr. |
|---|---|
| Charleroi à Erquelines........ | 1,80 |
| Erquelines à Paris........... | 9,90 |
| Total........ | 11,70 |
| | fr. |
| Transport de Valenciennes à Paris. . | 10,20 |
| C'est un avantage de....... | 1,50 |

Le bassin du Centre paye :

| | fr. |
|---|---|
| 1° Sur la ligne du Centre....... | 1,38 (1) |
| 2° Sur la ligne d'Erquelines à Paris.. | 9,90 |
| Total........ | 11,28 |

Soit 1f,08 de plus que Valenciennes.

Les expéditions de Somain pour Paris coûtent 0f,70 de moins que celles de Valenciennes.

(1) 1f,38 et 2f,12 sont les deux prix suivant la provenance.

Le Pas-de-Calais aura sur Valenciennes et Somain un avantage de 1 franc à 0f,30 (1) par tonne pour les expéditions sur Paris ; vers Lille, Calais et Dunkerque, il sera bien plus marqué.

On voit en résumé que l'établissement des chemins de fer a diminué pour nos houillères du département du Nord le bénéfice de la proximité des lieux de consommation que leur donnaient les canaux par rapport à la Belgique ; il a augmenté la concurrence du bassin de Charleroi, amené celle du Centre et donné de nouvelles facilités à celle de Mons par l'ouverture de la ligne de Mons à Haumont.

Pour le Pas-de-Calais, mal pourvu de voies navigables, les chemins de fer sont une nécessité de premier ordre.

Il en a été des chemins de fer comme des canaux ; ils ont été construits en vue surtout de faciliter les arrivages de houille belge ; cela se comprend : les mines belges fournissent plus de transports que les mines françaises.

Les houilles anglaises qui arrivent à Calais et Dunkerque ont un très-long parcours par chemin de fer pour arriver à Paris. Aussi ne remontent-elles pas bien loin : la concurrence des houillères du Pas-de-Calais les arrête.

Il n'en est pas de même de celles qui arrivent à Boulogne et à Saint-Valéry ; elles remontent jusqu'à Abbe-

(1) Ces différences sont celles qui existent entre les tarifs de Somain et de Douai ; de même qu'on peut rapporter les expéditions du bassin de Valenciennes à Somain, on peut prendre pour points de départ de celles du Pas-de-Calais, Lens et Douai qui sont à peu près à la même distance de Paris.

ville et Amiens, mais elles ne vont guère au delà.

| | fr. |
|---|---|
| Le transport de Boulogne à Amiens coûte. | 5,90 |
| Celui de Valenciennes à Amiens...... | 6,00 |
| Celui de Valenciennes à Boulogne...... | 8,20 |

Nous ne voyons guère les houilles anglaises dépasser Amiens.

Sur ce point et sur tous ceux situés au delà vers Paris, les houilles françaises ont sur les houilles anglaises un avantage représenté à peu près par le fret d'Angleterre à Boulogne, soit au plus bas 8 francs.

Les houilles anglaises qui arrivent à Dieppe, au Havre ou à Rouen, trouvent aussi le chemin de fer pour gagner Paris; mais la distance est grande, les frais considérables; elles n'y arrivent donc point et peuvent encore moins remonter de Paris vers le Nord.

Les parcours des ports les plus rapprochés de Paris sont :

| | mèt. |
|---|---|
| Saint-Valéry............. | 193 |
| Dieppe................. | 204 |
| Boulogne.............. | 252 |

En résumé nous voyons que nos houillères du Nord doivent à leur position une diminution de prix de transport de $0^f,50$ à $1^f,50$ par tonne par rapport aux houilles belges, pour l'alimentation de Paris et d'une partie du nord de la France. Vers le littoral, l'avantage est bien plus marqué; en revanche, elles sont moins bien placées pour alimenter les contrées situées entre Tergnier, Saint-Quentin, la Fère et la frontière belge.

Par rapport aux mines anglaises, les nôtres ont un bénéfice très-considérable sur les frais de transport pour Calais et Dunkerque; il est beaucoup moindre sur Boulogne et nul pour les ports de Normandie.

Quels changements apportera dans cette situation la construction prochaine du chemin de fer de Rouen à Saint-Quentin par Amiens? Il est facile de s'en rendre compte.

Les tarifs qu'établira le chemin de fer peuvent être calculés ainsi qu'il suit (1) :

*Mons.*

| | |
|---|---|
| | fr. |
| Transport en Belgique, Jemmapes à la frontière. . . . | 1,10 |
| Transport en France, sur les 60 premiers kil. à 0f,06 par kil. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3,60 |
| Transport en France, sur 205 kil. au delà des 60 premiers à 0f,03. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6,15 |
| Total. . . . . . . . | 10,85 |

*Charleroi.*

| | |
|---|---|
| | fr. |
| Transport sur les 60 premiers kil. à 0f,06. . . . . . . . | 3,60 |
| Transport sur 270 kil. au delà des 60 premiers. . . . . | 8,10 |
| Total. . . . . . . . | 11,70 |

*Pas-de-Calais.*

| | |
|---|---|
| | fr. |
| Transport sur les 60 premiers kil. à 0f,06 (2). . . . . . | 3,60 |
| Transport sur 162 kil. au delà des 600 premiers à 0f,03. | 4,86 |
| Total. . . . . . . . | 8,46 |

*Houille d'Anzin.*

| | |
|---|---|
| | fr. |
| Transport sur les 60 premiers kil. à 0f,06 (3). . . . . . | 3,60 |
| Transport sur 188 kil. au delà des 60 premiers. . . . . | 5,65 |
| Total. . . . . . . . | 9,25 |

---

(1) Nous devons ces renseignements à l'obligeance de M. Guyon, ingénieur de la compagnie du Nord, chargé de la construction du chemin de fer d'Amiens à Rouen.

(2) Distance comptée à partir de Nœux.

(3) Distance comptée de Raismes.

*Comparaison entre les prix de transport à Rouen par chemin de fer et par canaux.*

| | Par chemin de fer. | Par eau. |
|---|---|---|
| | fr. | fr. |
| Bassin de Valenciennes. . . . . | 9,25 | 9,06 |
| — du Pas-de-Calais. . . . . | 8,46 | » |
| — de Mons. . . . . . . . . | 10,85 | 10,35 |
| — de Charleroi. . . . . . . | 11,70 | 11,50 |
| Houille anglaise. . . . . . . . . | » | 12,78 |

On voit que le chemin de fer de Saint-Quentin à Rouen ne changera point sensiblement les prix de transport de Belgique ou de Valenciennes à Rouen ; il facilitera seulement les arrivages qui, à prix égal, se font de préférence par chemin de fer ; c'est le Pas-de-Calais qui se trouvera dans les meilleures conditions pour envoyer à Rouen et engager la lutte avec les houilles anglaises.

On voit aussi que celles-ci pourront remonter de Rouen sur Amiens ; mais il ne semble pas qu'elles puissent remonter bien loin.

La concurrence qui existe entre les deux voies de transport, les canaux et les chemins de fer, est très-favorable au développement des houillères, en ce qu'elle amène des réductions dans les prix de transport et facilite l'écoulement des produits ; il est du plus haut intérêt pour elles que de nouvelles réductions soient opérées. Examinons si elles sont possibles, et pour cela décomposons les prix de transport par chaque voie.

M. Granger, dans son précis historique des voies navigables de France, évalue ainsi les frais de transport, sur 350 kil. entre Mons et la Villette, pour un bateau chargé de 200 tonnes de houille et faisant deux voyages par an.

| | A charge. | A vide. | | Par tonne. |
|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Frais généraux. . . . . . . . . . . . . . . . . | | | 574,60 | 2,873 |
| Droits de navigation. | 704,66 | 118,77 | 823,43 (1) | 4,117 |
| Frais de traction. . . | 401,90 | 125,70 | 527,60 | 2,638 |
| Total. . . . . . . | | | 1.925,63 | 9,628 |

M. Latérade, ingénieur des ponts et chaussées à Saint-Quentin, admet un chiffre plus élevé encore; suivant lui pour un bateau de 230 ton. faisant trois voyages par an, ce qui peut être considéré comme l'état normal aujourd'hui, le prix de revient par tonne serait de 11f,48, les droits de navigation entrent pour 3f,67 dans le prix ci-dessus.

Or le fret de Mons à Paris est généralement pendant la belle saison de 0f,70 l'hectolitre soit 8f,75 les 1.000 kil.

La batellerie se trouve donc en perte; d'après les chiffres de M. Latérade elle ne ferait même pas ses frais généraux.

Sur la ligne de Charleroi à Paris on arrive à la même conclusion.

Les frais de transport sur 360 kil. pour un bateau chargé de 200 ton. de houille, sont d'après M. Granger les suivants :

| | | Par tonne. |
|---|---|---|
| | fr. | fr. |
| Frais généraux. . . . . . | 686,10 | 3,430 |
| Droits de navigation. . . | 1.032,31 | 5,161 |
| Frais de traction. . . . . | 557,70 | 2,785 |
| Total. . . . . | 2.276,11 | 11,376 |

D'après M. Latérade, ces frais s'élèveraient à 12f,21 par tonne pour un bateau chargé de 207 tonnes et faisant deux voyages par an.

(1) Le péage de l'écluse de Fresnes est supprimé; c'est 54 fr. de moins à payer.

Or le fret sur Paris est de 10f,00 à 11f,00 l'été ; il y a donc perte pour la batellerie.

Celle-ci ne se soutient donc que difficilement et les bateliers se trouvent fatalement conduits à recourir à des moyens frauduleux ; on les voit quelquefois tromper sur la jauge, sur le mesurage de la houille, falsifier celle-ci ou y introduire de l'eau pour augmenter le poids.

Le chemin du Nord a organisé un matériel nombreux et puissant qui lui permet de lutter avec avantage contre la navigation et de prendre une partie des transports de houille ; il a des wagons d'une capacité de 10 tonnes et des machines assez puissantes pour remorquer sur des rampes de 5 millimètres des trains de 40 voitures.

La dépense par tonne à 1 kil. s'établit ainsi pour l'année 1858 :

| | fr. |
|---|---|
| Administration centrale. . . . . . | 0,0014 |
| Exploitation . . . . . . . . . . . . . | 0,0083 |
| Traction et matériel. . . . . . . . | 0,0116 |
| Voie et bâtiments. . . . . . . . . . | 0,0046 |
| Total. . . . . . . . . | 0,0259 |

Ainsi, pour le transport de Hautmont à Paris, la distance étant de 223 kil. :

| | fr. |
|---|---|
| La dépense s'élève à. . . . . . . . . . | 5,77 |
| Le prix perçu par la compagnie est de. | 8.90 |
| Différence. . . . . . . | 3,13 |

Cette somme de 3f,13 représente la marge dont dispose la compagnie pour abaisser ses tarifs pour le transport des houilles de Mons à Paris.

La navigation de Mons et de Charleroi à Paris a réalisé un grand progrès, lorsque le tirant d'eau qui n'était que de 1m,50 a été porté successivement à 1m,60 et plus récemment à 2 mètres entre Mons ou Charleroi et Pontoise ; les bateaux qui ne portaient en 1849 que 170

tonneaux peuvent aujourd'hui charger jusqu'à 250 tonneaux; ce qui constitue pour le commerce une grande économie sur les frais de halage et les frais généraux; aujourd'hui il n'y a plus que de faibles économies à réaliser pour la traction; ce n'est donc que par une réduction des droits de navigation que les canaux pourront se maintenir contre le chemin de fer; entre Mons et Paris ces droits s'élèvent à 3f,67; admettons qu'il y ait quelques économies encore à réaliser à la suite de divers travaux d'améliorations et une excellente organisation du service du halage, on arrivera tout au plus à 4f,00 ou 4f,50 pour les réductions possibles sur les frais de transport.

Les chemins de fer, on le voit, peuvent lutter avec avantage contre les canaux; mais au lieu de diminuer considérablement les tarifs, pour déposséder les canaux, ils ont tout avantage à les régler de manière à ne prendre qu'une partie plus ou moins grande de leurs transports; ce qu'ils veulent avec raison c'est gagner le plus possible; leur bénéfice total est le produit du bénéfice fait sur chaque tonne par le nombre des tonnes transportées; le problème industriel qu'elles ont à résoudre est que ce produit soit un maximum; tel est le principe qui doit servir de base à leurs tarifs.

L'étude des conditions de transport des houilles serait incomplète si nous ne donnions quelques détails sur le fret d'Angleterre en France et si nous n'indiquions quelles réductions il est susceptible de subir.

Nous prendrons pour exemple le fret de Newcastle à Boulogne sur mer.

Les navires qui se rendent à Boulogne portent 200 à 300 tonneaux; en général le navire n'appartient point au capitaine, mais à un armateur ou à une société qui l'exploite.

C'est le capitaine qui fait choix de son chargement et du port de destination ; il s'adresse à un courtier ou affréteur, fait prix avec lui et lui paye une commission ; admettons que pour un envoi de 250 tonneaux, il convienne du prix de 10f,00, c'est 2.500f,00 qu'il aura à recevoir à son arrivée en France de la personne à laquelle le charbon doit être livré.

Sur cette somme il paye la commission de l'affréteur et les intermédiaires qu'il emploie à terre pour mettre ses papiers en règle ; il paye l'assurance du navire (1) ; il paye des droits de port, de bouées, de phare et un grand nombre d'autres droits faibles chacun, mais dont la somme a une certaine importance ; on estime que pour ces divers objets il ne dépense pas moins de 200 francs en Angleterre.

A son arrivée en France il a des droits plus considérables encore à payer ; ces droits sont fixés par tonne de jauge.

La jauge d'un navire s'obtient en prenant la longueur du navire, de l'étrave à l'étambot, la plus grande largeur et la plus grande hauteur en dedans, multipliant les trois nombres obtenus et divisant le produit par 3,80.

La tonne de jauge est une mesure de capacité ; elle équivaut à peu près à 1.500 kil. de houille ; c'est un peu plus ou un peu moins suivant la grosseur du charbon.

Le capitaine paye par tonne de jauge :

1° 0f,50 de droits de pilotage, qu'il ait besoin ou non d'un pilote pour entrer dans le port ;

2° 1 franc et avec le double décime 1f,20 de droit de port ou de navigation.

---

(1) Les armateurs de navires pratiquent l'assurance mutuelle ; ce qui leur procure une notable économie.

La déclaration à la douane doit être faite en français ; généralement il ne le sait pas ; il s'adresse à un courtier juré qu'il charge de régler toutes ses affaires à terre et de remplir toutes les formalités exigées ; celui-ci perçoit en vertu d'un tarif légal, $0^{f},75$ par tonne de jauge.

Les navires français évitent ce droit ; tandis que le capitaine anglais est obligé de débourser pour un navire de 250 tonneaux ou 166 tonnes de jauge la somme de 125 francs, le capitaine français compose avec le courtier et se tire d'affaire avec 10 ou 15 francs.

Il est d'autres droits et d'autres frais que supporte encore le capitaine.

En résumé on estime que le total de ces frais s'élève à 500 francs.

Ainsi, sur une somme de 2.500 francs qu'il reçoit, il dépense en droits et frais divers et obligés :

| | fr. |
|---|---|
| En Angleterre. . . . . . . . . . . . | 200 |
| En France. . . . . . . . . . . . . . . | 500 |
| Total. . . . . . . . | 700 |

C'est avec les 1.800 francs qui restent qu'il paye son équipage et son propre traitement ; le surplus constitue le bénéfice auquel lui, son second et l'équipage prennent part.

Les droits d'entrée, frais de déchargement, camionnage et mise en magasin sont à la charge du commissionnaire ou de l'industriel qui reçoit les charbons et n'entre pour rien dans le fret.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer ont pour but de montrer en quoi consistent les réductions possibles sur le fret ; il n'est point probable qu'elles puissent porter sur les 1.800 francs afférents au payement de l'équipage et au bénéfice de l'entreprise, mais

on pourrait supprimer en Angleterre les droits de bouée, phare, etc.

En France le droit de port ou de navigation, les taxes pour pilotage et déclaration en douanes pourraient être réduites ou supprimées; les frais seraient ainsi réduits de 100 francs en Angleterre, 200 à 300 fr. en France, ce qui donne une réduction possible de 300 à 400 francs pour un navire de 250 tonneaux, soit $1^f,20$ à $1^f,60$ par tonneau de 1.000 kil.; le droit de navigation à lui seul représente $0^f,80$ par 1.000 kil.

Les travaux d'amélioration des ports permettent, par suite de l'augmentation du tirant d'eau, d'employer des navires d'un plus fort tonnage; puis, le commerce prenant de l'extension, les capitaines de navires trouvent certaines facilités qui se traduisent pour eux en une diminution de dépenses; on obtiendra donc dans l'avenir de nouvelles réductions de frets.

Celles qu'amènerait aujourd'hui la suppression de certains droits en France, ne donneraient pas une diminution de plus de 1 franc à $1^f,20$.

Ainsi, tandis que le gouvernement, par le rachat des canaux, par la suppression des droits de navigation et par l'exécution de certains travaux secondaires, peut obtenir une diminution de 4 francs environ sur le prix du transport des charbons des mines du Nord à Paris, il ne peut arriver par des moyens semblables qu'à une diminution de 1 à 2 francs sur le prix du fret d'Angleterre en France.

Ce fait nous paraît important à constater; il justifie les détails dans lesquels nous sommes entrés, détails qui étaient nécessaires pour l'établir; il est de nature à nous éclairer sur les conditions de la lutte que soutiennent nos houilles avec les houilles étrangères.

## VI.

Les prix de la houille ont subi de fortes variations depuis dix ans; ils varient dans la même année, suivant les saisons, les demandes, la nature et la qualité de la houille et l'importance du marché (1). Prix de vente

Pour fixer les idées nous ne considérerons que deux variétés de houille, le tout venant et le gros; nous indiquerons pour l'année 1859 les prix de vente moyens dans chaque bassin et le prix de vente de la même houille rendue à Paris, en tenant compte de tous les éléments dont il se compose.

Dans le bassin de Mons, le tout venant se vend depuis 1f,20 jusqu'à 1f,35 l'hectolitre, suivant l'importance des marchés; nous admettons 1f,25 comme représentant un prix moyen pour l'hectolitre pesant 87 kil.; c'est par 1.000 tonnes. . . . . . . . . . fr. 14,36

Il faut déduire pour l'escompte, le payement ayant lieu au comptant, 1 ½ p. 100. . . . . . . 0,21

Restent. . . . . . . . . 14,15

| | | |
|---|---|---|
| Le fret de Mons à la Villette est de. . . . | | fr. 8,75 |
| Droits de douane principal. . . . . | fr. 1,50 | |
| Pour le décime. . . . . . . . . . . | 0,30 | |
| Timbre. . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,05 | |
| Total. . . . . . | 1,85 | 1,85 |
| Déchargement et mise à voiture. . . . . . | | 0,50 |
| Camionnage. . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 3,00 |
| Total. . . . . . . | | 28,25 |

Les mêmes charbons rendus par chemin de fer coûtent :

---

(1) Les prix que nous donnons s'appliquent spécialement à l'année 1859.

| | fr. |
|---|---|
| Achat mis à wagon | 14,15 |
| Douane | 1,85 |
| Mons à Haulmont | 1,20 |
| Hautmont à Paris | 8,90 |
| Déchargement et camionnage | 2,30 |
| Total | 28,40 |

Le gros de Mons se vend environ 22 francs les 1.000 kil.

Dans le bassin du Centre le gros ne pourrait guère être obtenu à moins de 21 francs; le tout venant se vendait 14 francs.

Le prix du tout venant rendu à Paris s'établit ainsi qu'il suit :

| | fr. |
|---|---|
| Achat | 14,00 |
| Douane | 1,85 |
| Transport par chemin de fer jusqu'à Erquelines | 1,38 |
| Transport d'Erquelines à Paris | 9,40 |
| Déchargement et camionnage | 2,00 |
| Total | 28,63 |

Pour les expéditions par canaux, le prix est le suivant :

| | fr. |
|---|---|
| Achat | 14,00 |
| Transport de la Louvière à Mons | 1,77 |
| Déchargement et mise à bateaux | 0,50 |
| Fret | 8,75 |
| Douane | 1,85 |
| Déchargement à la Villette et mise à voiture | 0,50 |
| Camionnage | 3,00 |
| Total | 30,47 |

A Charleroi le prix du gros se maintient à 21 fr.; celui du tout venant à 12 francs; nous parlons ici des bonnes qualités demi-gras.

Le prix du tout venant rendu à Paris est le suivant :

*Par canaux.*

| | fr. |
|---|---|
| Prix d'achat : 1.000 kil. mis en wagon à Charleroi. . . | 12,00 |
| Fret. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10,00 |
| Douane. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,85 |
| Déchargement . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,50 |
| Camionnage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3,00 |
| Total. . . . . . . . | 27,35 |

*Par chemin de fer.*

| | fr. |
|---|---|
| Prix d'achat. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12,00 |
| Transport de Charleroi à Erquelines. . . . . . . . . . . | 1,80 |
| Douane. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,85 |
| Transport d'Erquelines à Paris. . . . . . . . . . . . . . | 9,90 |
| Camionnage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2,30 |
| Total. . . . . . . . | 27,85 |

Dans le bassin de Valenciennes, les prix présentent des différences assez marquées d'une mine à l'autre; nous prendrons comme types les prix de la compagnie d'Anzin, charbons de Denain.

Le gros charbon ne vaut pas moins de 24 francs les 1.000 kil. mis en wagon; le tout venant se vend 1f,45 l'hectolitre mis en wagon ou en bateau; le poids varie de 85 à 87 kil. en moyenne pour le tout venant de Denain (1), les 1.000 kil. ressortent donc à 16f,86.

(1) Il importe d'observer que nous donnons les prix des meilleures qualités de charbon de la compagnie d'Anzin, sans marché; avec un marché important, le prix donné ci-dessus doit être réduit de 1 à 2 francs. Les charbons gras et demi-gras pèsent de 90 à 95 kil. l'hectolitre; en sorte que le prix de la tonne est encore moins élevé.

Observons de plus que le prix ci-dessus comprend le prix du transport de la fosse au bateau ou à la station de départ; le prix à la fosse est moins élevé de 1f,10 environ.

Enfin, l'hectolitre de charbon maigre pèse 100 kil. et se vend à un prix plus bas encore; le prix moyen des charbons dans le bassin de Valenciennes ressort donc à un prix bien inférieur à 16f,86; il nous est impossible de l'établir exactement : pour l'année 1859, nous l'estimons à 14 francs la tonne, en tenant compte de toutes les sortes de charbons.

Le prix du tout venant rendu à Paris est :

1° *Par canal.*

| | fr |
|---|---|
| Prix d'achat mis à bateau. . . . . . | 16,86 |
| Fret. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7,50 |
| Déchargement. . . . . . . . . . . . | 0,50 |
| Camionnage. . . . . . . . . . . . . | 3,00 |
| Total. . . . . . . | 27,86 |

2° *Par chemin de fer.*

| | fr. |
|---|---|
| Prix d'achat mis à wagon. . . . . . | 16,86 |
| De Somain à Paris. . . . . . . . . . | 9,00 |
| Déchargement et camionnage. . . . | 2,30 |
| Total. . . . . . . | 28,16 |

Les charbons anglais à destination de Boulogne coûtent en moyenne pour le tout venant gailleteux, donnant 40 p. 100 de gros et gailleterie à une grille dont les barreaux sont espacés de 3 centimètres.

| | sh. p. |
|---|---|
| Achat. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6,7 |
| Fret. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7,5 |
| Déchargement et mise en wagon, y compris le transport à la gare. . . . . . . | 1[sh] |
| Total. . . | 15[sh] = 18f,75 au change de 1f,25 |
| Il faut y ajouter : droits de douane. | 3f,60 |
| Total. . . . . . . | 22f,35 |

Le négociant qui achète peut livrer à 23 francs.

Les prix de vente du charbon mis en wagon à Boulogne sont, l'été, les suivants :

| | fr. |
|---|---|
| Gros. . . . . . . . . . . . . . | 26 |
| Tout venant. . . . . . . . . . | 23 |
| Fines . . . . . . . . . . . . . | 21 |

Le tout venant arrive en gare d'Amiens au prix de 28f,90, tandis que le charbon tout venant de Valen-

ciennes coûte 22f,26; pour le gros la différence est moins forte; le gros Denain coûterait 29f,40, le gros anglais 31f,90, soit 2f,50 de plus.

Le charbon anglais arrivant de Boulogne à Amiens coûte :

| | fr. |
|---|---|
| Prix d'achat : les 1.000 kil. mis en wagon à la gare de Boulogne | 23,00 |
| Transport | 10,20 |
| Déchargement et camionnage | 2,30 |
| Total | 35,50 |

Le Pas-de-Calais vend au même prix que le bassin de Valenciennes; voici pour les expéditions sur Calais, comment le prix s'établit :

*Charbon de Nœux tout venant.*

| | | fr. |
|---|---|---|
| Prix d'achat à la fosse | 1,45 | 1,88 |
| Transport à Béthune et mise à bateaux | 0,20 | |
| Transport de Béthune à Calais | 0,23 | |
| Déchargement et camionnage | | 0,15 |
| Total | | 2,03 |

L'hectolitre pesant 90 kil. environ, le charbon ressort à 22 ou 23 francs la tonne; ce prix est un peu inférieur à celui des charbons anglais à Calais.

En résumé, nous avons vu qu'en 1859 les prix des charbons tout venant de première qualité au lieu d'expédition, mis en wagon, en bateaux ou en navires se raisonnaient ainsi :

| | fr. |
|---|---|
| Valenciennes | 16,86 |
| Pas-de-Calais | 16,86 |
| Mons | 14,15 |
| Centre | 14,00 |
| Charleroi | 12,00 |
| Newcastle. Sous vergue | 8,15 |
| Newcastle. A Boulogne-sur-Mer | 23,00 |

et que les prix des mêmes charbons rendus à Paris coûtaient

| | |
|---|---|
| Valenciennes | 27,86 |
| Pas-de-Calais | mémoire. |
| Mons | 28,25 |
| Centre | 28.63 |
| Charleroi | 27,35 |
| Newcastle, par Boulogne | 35,50 |

C'est un fait remarquable que les charbons de Mons, du Centre, de Charleroi et de Valenciennes arrivent à Paris dans des conditions de prix à peu près semblables; il justifie ce que nous avons dit de la qualité des produits de nos mines comparée à celle des produits belges.

Nos charbons coûtent au lieu d'expédition 2f,71 de plus que les charbons de Mons et 4f,86 de plus que ceux de Charleroi.

Ces différences sont à peu près égales au droit de douane augmenté de la différence des frais de transport :

| Frais de transport. | Mons. fr. | Charleroi. fr. |
|---|---|---|
| Droits de douane | 1,85 | 1,85 |
| Différences sur le prix de transport (chemin de fer) | 1,10 | 2,20 |
| Total | 2,95 | 4,05 |

Le bassin de Mons ne produit pas plus chèrement que celui de Charleroi, ainsi que nous l'avons vu lorsque nous avons parlé des prix de revient; il profite donc de sa position pour maintenir ses prix plus élevés.

Il est à remarquer aussi que la différence qui existe entre les prix de vente des bassins de Mons et de Valenciennes est à peu près égale à celle qui existe entre les prix de revient; le droit de douane qui est de 1f,80 compense donc à peu près le désavantage que présen-

tent à nos exploitants les conditions de gisement de la houille.

Ces faits étaient très-importants à établir ils ressortent clairement de tout ce que nous avons dit jusqu'à présent.

VII.

Répartition des houilles françaises et étrangères entre les principaux marchés.

Examinons maintenant comment se fait la répartition des houilles indigènes et étrangères entre les divers lieux de consommation ; elle est la conséquence des conditions de qualité, de prix de transport, et de prix de vente que nous avons fait connaître.

Nous établirons cette répartition pour l'année 1857 ; les changements survenus en 1858 et 1859 ne sauraient être très-importants.

M. Édouard Ewbank, consul de Belgique à Valenciennes, dans une lettre datée du 28 juin 1858, résume ainsi qu'il suit la position des mines de Valenciennes et du Pas-de-Calais.

**Valenciennes, 28 juin 1858.**

*Extrait de la lettre de M. Edouard Ewbank, consul de Belgique à Valenciennes.*

| CONCESSIONS. | Nature. | Surface des concessions. | PUITS en exploitation. | PUITS en creusement. | EXTRACTION totale. | Prix moyen de l'hectolitre. | Observations. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Nord.* | | hect. | | | hectol. | fr. | |
| Anzin | Gras. | 28.086 | 27 | 3 | 7.890 000 | 1,70* | (a) |
| | Maigre. | | 9 | 1 | 2.655.000 | 1,45 | |
| Thivemelles, Fresnes, Midi | Maigre. | 1.436 | 2 | » | 365.000 | 1,40 | |
| Vicoigne | Maigre. | 1.320 | 4 | » | 1.200.000 | 1,51 | |
| Douchy | Gras. | 3.419 | 7 | » | 2.100.000 | 1,72* | |
| Azincourt | » | 870 | 2 | » | 540.000 | 1,49 | |
| Aniche | » | 11.850 | 6 | 3 | 2.600.000 | 1,32 | (b) |
| Escarpelle | » | 4.721 | 2 | 1 | 460.000 | 1,49 | |
| Crepin | » | 2.842 | » | » | » | » | (c) |
| Marly | » | 3.313 | » | » | » | » | (d) |
| *Pas-de-Calais.* | | | | | 17.710.000 | | |
| Dourges | Gras. | 3.787 | 1 | 1 | 475.000 | 1,50 | |
| Courrière | » | 4.597 | 2 | » | 813 000 | 1,50 | |
| Lens | » | 6.031 | 1 | 1 | 777.000 | 1,40 | |
| Bully-Grenay | » | 5.761 | 1 | 2 | 377.000 | 1,50 | |
| Noux | » | 8.028 | 2 | » | 1.037.000 | 1,50 | (e) |
| Bruai | » | 3.809 | 1 | » | 523.000 | 1,50 | |
| Marles | » | 2.990 | » | 1 | » | » | |
| Ferfay | » | 928 | 1 | 1 | 415.000 | 1,40 | |
| Auchy-au-Bois | » | 1.316 | » | » | » | » | |
| Vendin | » | 1.166 | » | » | » | » | |
| *Concessions demandées.* | | | | | | | |
| Estrées-Blanche | » | » | » | 1 | » | » | |
| Meurchin | » | » | » | 1 | » | » | |
| Carvin | » | » | » | 1 | » | » | |
| Ostricourt | » | » | » | 1 | » | » | |
| *Concessions anciennes.* | | | | | | | |
| Hardinghem et Fresnes | » | 2.600 | 1 | 1 | 166.800 | | |
| | | | | | 4.583.800 | | |

(*) Ce prix est inexact.

(*a*) Il y a 69 fosses en exploitation, 21 en percement.

La production totale s'est élevée à . . . . . . . . . . 22.383.800 hect.

Elle avait été en 1856 de . . . . . . . . . . . . . . . 21.549.500

En plus. . . . . . . . 834.300

(*b*) 13.340 ouvriers.

(*c*) Recherches.

(*d*) Travaux abandonnés.

(*e*) 3.870 ouvriers dans le Pas-de-Calais.

| | quintaux mét. |
|---|---|
| En comptant l'hectolitre à 90 kil., nous voyons qu'en 1857 le bassin de Valenciennes a produit. | 15.939.000 |
| Le bassin du Pas-de-Calais. . . . . . . . . . . . . | 4.125.000 |
| Total. . . . . . . . | 20.064.000 |
| L'importation belge a été en 1857. . . | 24.969.547 |
| L'importation anglaise. . . . . . . . . | 12.998.899 |

On peut regarder tout le charbon importé de Belgique comme faisant concurrence au charbon de nos houillères du Nord.

Il n'en est pas de même des charbons anglais; ce qui arrive à Bordeaux ou à Marseille n'a aucune influence sur leur commerce; nous ne devons considérer que les charbons anglais importés par les ports de la portion de littoral comprise entre Dunkerque et le Havre; le tableau suivant donne la désignation de ces ports et les quantités qui y sont arrivées en 1857.

| Désignation des ports. | Quantités transportées. |
|---|---|
| Dunkerque. . . . . . . . . . . . . . | 237.050 |
| Gravelines. . . . . . . . . . . . . . | 77.470 |
| Calais. . . . . . . . . . . . . . . . | 221.890 |
| Boulogne. . . . . . . . . . . . . . | 508.940 |
| Saint-Valéry, Le Tréport, et divers. . . . . . . . . . . . | 60.060 environ. |
| Fécamp. . . . . . . . . . . . . . . | 103.940 |
| Dieppe. . . . . . . . . . . . . . . | 1.490.520 |
| Le Havre. . . . . . . . . . . . . . | 1.926.270 |
| Rouen . . . . . . . . . . . . . . . | 783.740 |
| Total. . . . . . . . | 5.409.620 |

Ainsi, en 1857 les quantités de charbon placées en France par l'Angleterre, la Belgique, en concurrence avec les houillères de Valenciennes et du Pas-de-Calais sont :

| | quintaux métriques. |
|---|---|
| Angleterre. . . . . . . . . . . . | 5.402.000 |
| Belgique. . . . . . . . . . . . . | 24.960.000 |
| Houillères du Nord. . . . . . . . | 20.064.000 |
| Total. . . . . . . . | 50.426.000 |

Cette énorme quantité de houille 50.426.000 q. m. représente à peu près les 5/12 de la consommation totale de la France, et se trouve répartie dans un petit nombre de départements.

Depuis 1853 les houilles anglaises ont augmenté leurs importations dans le département de la Seine-Inférieure et repoussé de plus en plus les houilles belges et françaises.

*Importations dans la Seine-Inférieure* (1).

| Années. | HOUILLES belges et françaises. | HOUILLES ANGLAISES IMPORTÉES PAR MER. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Rouen. | Havre. | Fécamp. | Dieppe. | Total. |
| 1853 | 1.021.170 | 305.367 | 1.034.860 | 164.041 | 513.382 | 2.017.653 |
| 1854 | 916.950 | 377.510 | 1.006.170 | 82.800 | 636.360 | 2.102.840 |
| 1855 | 749.690 | 648.850 | 1.344.[illegible]70 | 74.011 | 848.510 | 2.915.841 |
| 1856 | 737.[illegible]10 | 754.740 | 1.502.880 | 101.180 | 1.127.210 | 3.486.010 |
| 1857 | 633.190 | 783.740 | 1.926.270 | 103.940 | 1.490.520 | 4.304 470 |

M. Sainctelette, secrétaire de la chambre de commerce de Mons, qui a publié un excellent rapport sur la situation houillère du bassin de Mons en 1857, attribue l'accroissement des importations anglaises en Normandie :

1° A l'abaissement du fret.

2° A la rapidité des relations commerciales.

3° Au décret du 22 novembre 1853.

4° Aux perfectionnements de la marine marchande, notamment à l'emploi de grands steamers à hélice.

La houille peut servir comme lest ou comme complément de charge ; ainsi un armateur de Rouen a organisé entre Newcastle et Dieppe un service de bateaux à vapeur pour le transport des marchandises anglaises

(1) Ces chiffres sont tirés d'un rapport de M. Sainctelette sur la situation houillère du bassin de Mons en 1857.

à destination de Suisse ; il prend comme supplément le charbon ; ce qui lui permet de le vendre à bas prix.

Entre Newcastle et Dieppe le voyage dure 4 à 5 jours à peine ; pour Rouen il ne faut jamais plus d'un mois. Il faut un mois pour aller de Mons à Calais, trois de Mons à Rouen.

Le décret du 22 novembre 1853 a baissé le droit sur les houilles anglaises de $5^{f},00$ à $3^{f},00$ par 1.000 kil.

Les steamers à hélice portent jusqu'à 800 tonnes ; à Dieppe le déchargement s'opère à Quai directement dans les wagons à l'aide d'une petite machine à vapeur.

Aux causes fort justes qu'indique M. Sainctelette il convient d'en ajouter une autre qu'il n'énonce point et qui n'a point été cependant sans influence ; c'est que le prix de forges gailleteuses du bassin de Mons qui en 1850 était de $0^{f},87$ l'hectolitre se trouvait en 1857 à $1^{f},45$ ; ce qui fait une hausse de $0^{f},58$ par hectolitre (1) soit $6^{f},56$ à la tonne tandis que les prix des charbons anglais n'ont augmenté que de $1^{f},00$ à $2^{f},00$.

Le tableau suivant ne laisse aucune doute à ce sujet.

| | Année 1851, septembre. fr. | Année 1857. fr. |
|---|---|---|
| Prix du fret sur Rouen | 11,80 | 12,80 |
| — Dieppe | 8,55 | 9,80 |
| — Calais | 8,25 | 8,35 |
| Prix de vente des charbons anglais sous vergues : Gros | 8,12 | 10,00 |
| Gailleteries | 6,82 | 9,00 |
| Fines | 3,54 | 4,00 |
| Gros tout venant de 1re qualité | 7,20 | 8,15 |
| Prix des charbons de Mons (flénu) : | | |
| Gaillettes | 19,12 | 25,24 |
| Gailleteries | 16,89 | 24,01 |
| Fines | 6,73 | 14,16 |
| Tout venant flénu | 10,00 | 16,98 |

(1) Le poids de l'hectolitre est compté à 87 kil.

Les houillères du Nord ont toujours peu expédié sur Rouen ; c'est Mons et Charleroi qui viennent sur ce marché faire concurrence aux houilles anglaises.

Charleroi cherchant à se développer rapidement, et ne voulant point cependant avilir les prix sur son marché ordinaire, écoule son trop plein en Normandie, grâce à de fortes réductions de prix.

L'importation anglaise a fait des progrès rapides dans les ports de Boulogne, Calais, Gravelines et Dunkerque comme dans ceux de Normandie.

| ANNÉES. | Boulogne. | Calais. | Gravelines. | Gravelines. |
|---|---|---|---|---|
| 1852 | » | 97.171 | 90.063 | 24.584 |
| 1853 | 237.000 | 65.119 | 64.947 | 18.074 |
| 1854 | 305.047 | 80.746 | 86.716 | 22.653 |
| 1855 | 436.406 | 117 933 | 121.249 | 32.201 |
| 1856 | 558.292 | 231.258 | 270.233 | 67.146 |
| 1857 | 521.944 | 221.890 | 237.048 | 77.472 |

A Boulogne on ne consomme que du charbon anglais; les charbons français et belges ne peuvent y arriver que par chemin de fer en payant 7f,50 de Somain et 9f,60 de Jemmapes; il n'est arrivé en 1857 que 900 q.m. de Belgique et 21.700 q.m. du nord de la France.

A Dunkerque, Gravelines et Calais où nos houillères du Pas-de-Calais ont un accès facile, la concurrence est sérieuse; le marché est disputé aux anglais; voici quels ont été les arrivages de houilles belges et françaises à Dunkerque depuis 1852 (1).

(1) Extrait du rapport de M. Sainctelette.

| ANNÉES. | HOUILLES belges et françaises à Dunkerque. Quantités. |
|---|---|
| 1852 | 344.138 |
| 1853 | 333.575 |
| 1854 | 348.733 |
| 1855 | 368.913 |
| 1856 | 334.253 |
| 1857 | 394.242 |

Ainsi les houilles belges et françaises se maintiennent à Dunkerque et l'emportent même sur les houilles anglaises; il en est de même à Gravelines et à Calais.

Maintenant ce sont les houilles du Pas-de-Calais qui entrent presque seules en lice; les houilles de Mons ont été peu à peu écartées, comme le montre le tableau suivant.

*Houilles belges à Calais.*

| Années. | Bateaux. | Observations. |
|---|---|---|
| 1850. . . . . . . . . | 86 | Les bateaux portent de 100 à 150 tonneaux. |
| 1851. . . . . . . . . | 63 | |
| 1852. . . . . . . . . | 50 | |
| 1853. . . . . . . . . | 86 | |
| 1854. . . . . . . . . | 71 | |
| 1855. . . . . . . . . | 50 | |
| 1856. . . . . . . . . | 51 | |
| 1857. . . . . . . . . | 21 | |

C'est à partir de 1853 que les houilles du Pas-de-Calais ont pris de l'importance; elles ont chassé presque entièrement du département du Pas-de-Calais les houilles de Mons qui dominaient, et se sont substituées à elles dans la lutte engagée avec les charbons anglais; le tableau suivant, emprunté au rapport de M. Sainctelette, déjà cité, montre l'effet produit par le développement de ces exploitations.

*Expéditions du bassin de Mons par canal.*

| Années. | Béthune. | Aire. | Saint-Omer. | Estaires. | La Bassée. | Carvin. | Arras. | Total. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1850 | 233 | » | 206 | » | 109 | 305 | 506 | 1.379 |
| 1851 | 222 | 121 | 214 | 94 | 98 | 326 | 432 | 1.412 |
| 1852 | 222 | 121 | 267 | 74 | 95 | 318 | 373 | 1.469 |
| 1853 | 192 | 129 | 273 | 89 | 83 | 290 | 320 | 1.376 |
| 1854 | 140 | 121 | 224 | 75 | 65 | 217 | 322 | 1.159 |
| 1855 | 110 | 106 | 235 | 79 | 62 | 180 | 318 | 1.090 |
| 1856 | 38 | 62 | 175 | 49 | 31 | 111 | 224 | 690 |
| 1857 | 8 | 31 | 171 | 24 | 26 | 118 | 162 | 540 |

On voit que les expéditions de Mons dans le Pas-de-Calais et vers le littoral sont devenues presque nulles.

Pour Arras, Saint-Omer et Carvin, on pourrait supposer que le chemin de fer du Nord a fait des transports considérables au détriment des canaux ; il n'en est rien, ces villes ont reçu en 1857 :

| | Belgique. | France. |
|---|---|---|
| Arras. . . . . . . . | 93.200 | 87.360 |
| Carvin. . . . . . . | 100 | 7.300 |
| Saint-Omer. . . . . | 8.200 | 2.390 |

Pour Saint-Omer et Carvin les transports par chemin de fer sont insignifiants ; quoique plus importants pour Arras, ils sont loin de compenser le déficit constaté sur les canaux ; quand le chemin de fer de Lens à Arras sera terminé, il est clair qu'il arrivera très-peu de houille belge à cette station.

Les chiffres que nous venons de donner mettent parfaitement en relief le rôle que joue le Pas-de-Calais ; il refoule les houilles de Valenciennes et surtout celles de Mons qui dominaient vers le littoral, et se substitue avec avantage à celle-ci dans la lutte qu'elles soutenaient contre les houilles anglaises.

Jusqu'à présent, faute de voies de communication, elles ont à peine paru dans la direction de Paris ; c'est

le bassin de Valenciennes qui fait surtout concurrence aux houilles belges.

Les houilles anglaises prennent une faible part à la lutte; elles pourraient arriver sur Paris et dans les départements au nord de Paris en remontant la Seine et l'Oise, mais elles s'arrêtent à une certaine distance de Rouen.

Elles arrivent par Dunkerque, Calais, Boulogne, Saint-Valéry et le Tréport.

Au Tréport n'aboutit aucune voie navigable ni ferrée, elles ne peuvent donc pénétrer bien loin de ce côté dans les terres.

La position de Saint-Valéry paraît très-brillante; un canal et un chemin de fer y aboutissent; Saint-Valéry, par chemin de fer, n'est qu'à 190 kil. de Paris; le transport ne coûte que 8 francs les 1.000 kil., tandis qu'il est de 9f,70 de Boulogne; mais l'accès du port de Saint-Valéry est difficile, le tirant d'eau très-faible; la baie de Somme est dangereuse; dans l'état actuel des lieux il est impossible qu'il arrive beaucoup de charbon anglais à Saint-Valéry; il se porte de préférence sur Boulogne.

Le chemin de fer a reçu en 1857 par Boulogne :

| STATIONS. | QUANTITÉS. | |
|---|---|---|
| | Par Boulogne. | Autres provenances. |
| | q. m. | q. m. |
| Montreuil | 9 800 | 6 200 |
| Rue | 13.000 | 13.000 |
| Abbeville | 13.400 | 80 200 |
| Pont-Remy | 2.500 | 25.700 |
| Amiens | 62.900 | 351.200 |
| Paris | 28.800 | 3.840.450 |
| Autres stations | 23.900 | 4.291.700 |
| Totaux | 154.300 | 8.608.450 |

D'autre part, il est remonté :

| | quintaux métriques. |
|---|---|
| De Calais. . . . . . . . . . . . . | 5.000 |
| De Dunkerque. . . . . . . . . . . | 20.520 |
| Total des charbons anglais. | 179.820 |

Ainsi la compagnie du Nord, sur un mouvement total de 8.762.750 q.m. en 1857, ne compte que la faible quantité de 179.820 q.m. de charbon anglais.

Les importations par Calais et Dunkerque sont insignifiantes ; par Boulogne elles ont une certaine importance jusqu'à Amiens, mais au delà elles sont très-faibles.

Amiens semble donc le point auquel s'arrêtent les houilles anglaises ; d'autre part c'est aussi le point d'arrêt pour les houilles provenant de Charleroi, elles ne remontent guère plus haut vers le Nord ou le littoral, soit par canal soit par chemin de fer ; enfin il y a cela de particulier qu'Amiens reçoit à la fois des quantités importantes de houilles belges, anglaises et françaises.

Le Pas-de-Calais, nous l'avons vu, a écarté du littoral et d'une partie du Nord et du Pas-de-Calais les houilles de Mons ; l'imperfection des voies de communication l'empêche de prendre part à la lutte dans la direction de Paris ; ce que nous allons dire s'applique surtout au bassin de Valenciennes.

Celui-ci expédie par eau et par chemin de fer.

Nous devons à l'obligeance de M. Raymond Legrand, ingénieur en chef des ponts et chaussées, communication du tableau des mouvements des ports sur la ligne de Mons à Paris et de Mons à Lille, rivière de l'Escaut seulement ; MM. les ingénieurs Soleau et Fuix ont eu la bonté de nous communiquer les états de navigation sur les lignes de l'Aisne et de la Somme ; M. l'inspec-

teur général Minard, à qui nous devons d'excellentes cartes du mouvement des combustibles sur les canaux en France, a bien voulu nous donner quelques renseignements qu'il possédait sur les autres canaux du Nord et du Pas-de-Calais; enfin, M. Petiet, ingénieur en chef de l'exploitation et du matériel au chemin du Nord, a eu la bonté de nous communiquer le tableau général des arrivages de houille aux stations du chemin du Nord; nous sommes heureux de pouvoir remercier ici ces messieurs de leur complaisance, et leur témoigner notre reconnaissance pour la bienveillance qu'ils nous ont montrée.

Ces divers renseignements nous permettent d'établir clairement la manière dont luttent nos houilles du Nord avec les houilles belges.

Examinons d'abord comment la lutte a lieu par les voies navigables.

La ligne qui sert principalement à l'écoulement des produits du bassin de Valenciennes est celle de Mons à Paris; le total des chargements du bassin de Valenciennes sur cette ligne s'élève :

| | quintaux métriques. |
|---|---|
| 1° Dans la direction de Paris à. | 364.133 |
| 2° Dans la direction de Mons. . . | 113.405 |
| Total. . . . . . . | 477.538 |

Sur la portion de l'Escaut comprise entre Condé et Mortagne, et faisant partie de la ligne de Mons à Lille, les chargements sont :

| | quintaux métriques. |
|---|---|
| 1° Dans la direction de Lille. . . | 148.976 |
| 2° Dans la direction de Mons. . . | 19.348 |
| Total. . . . . . . | 168.324 |
| Report. . . . . . . | 477.538 |
| Total des chargements sur l'Escaut. | 645.862 |

Pour avoir le total des expéditions du bassin de Va-

lenciennes par eau, il faut ajouter aux nombres précédents le chiffre des chargements sur la Scarpe, il a été seulement de 40.000 tonnes, nombre rond ; le total des expéditions par eau s'élève donc à 685.000 tonnes.

| | tonnes. |
|---|---|
| Le total des expéditions par chemin de fer s'est élevé la même année à. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 301.000 |
| Total des expéditions par eau et par chemin de fer. | 986.000 |
| D'autre part, la production a été de. . . . . . . . . | 1.593.900 |
| Différence. . . . . . . | 607.900 |

La différence entre le chiffre de la production et celui des expéditions donne la consommation locale, autrement dit le chiffre de la vente à la fosse par voiture, ou vente à la campagne.

Ainsi en nombres ronds, pour l'année 1857, le bassin de Valenciennes a produit 1.600.000 tonnes qu'il a écoulées ainsi :

| | tonnes. |
|---|---|
| Vente par bateaux. . . . . . . | 700.000 |
| Vente par chemin de fer . . . . | 300.000 |
| Vente à la compagnie. . . . . . | 600.000 |
| Total. . . . . . . | 1.600.000 |

Ce bassin a donc l'avantage d'une consommation locale considérable qui prend les 6/16 ou 3/8 de sa production.

Il est très-important pour des mines d'avoir autour d'elles une consommation considérable ; car les débouchés qu'elles trouvent dans la localité ne sauraient leur échapper. Ainsi, un fabricant de sucre dont l'usine est à 1 kil. d'une fosse et à 10 kil. du chemin de fer ou du canal, dépensera pour aller prendre son charbon à la fosse voisine $0^{f},25$ par tonne, tandis que pour aller au chemin de fer ou au canal, il lui en coûte $2^{f},50$, soit $2^{f},25$ de plus ; en outre il a l'avantage de choisir le jour qui lui convient ; il connaît le charbon qu'il prend ;

c'est donc un consommateur acquis à l'exploitant, et un consommateur qui paye argent comptant. Ce n'est pas tout, et ce que nous venons de dire le démontre clairement, on peut lui vendre le charbon plus cher qu'on ne le vend au loin ; c'est ce qui a lieu en France et en Belgique, et en tout pays où l'on exploite la houille sur une grande échelle.

C'est une justice à rendre à nos exploitants, ils ont toujours fait ce qui dépendait d'eux dans la limite de leur intérêt, pour développer la consommation locale ; en cela ils ont fait preuve de sagesse et d'habileté.

| | tonnes. |
|---|---|
| Nous avons dit que le total des chargements sur l'Escaut (ligne de Mons à Paris) s'élevait à. . . . . . . . . . . . . . . . . | 364.133 |
| Il est entré à Condé, venant de l'Escaut (ligne de Mons à Lille). . . . . . . . . . . | 19.320 |
| Total. . . . | 383.453 |
| ce qui porte à. . . . . . . . . . . . . . . . la quantité totale de houille marchant dans la direction de Paris ; or, à Bouchain, point à partir duquel cesse tout chargement de houille française, nous trouvons un mouvement de. . . . . . . . . . . . . . . . . | 383.453<br>346.052 |
| Déchargement ou différence. . . . . . . | 37.401 |
| D'autre part, les déchargements de houille marchant dans le sens de Paris vers Mons s'élèvent à. . . . . . . . . . . . . . . . . | 64.115 |
| Total. . . . | 101.516 |

Entre Fresnes et Bouchain, nos mines ont livré par bateaux 101.516 tonnes.

Ainsi, le bassin de Valenciennes a placé par canaux 101,516 tonnes entre Fresnes et Bouchain, tandis que Mons n'a placé entre ces deux points, par eau, que 19.385 tonnes.

| | tonnes de Mons. |
|---|---|
| Il est passé à l'écluse de Fresnes. | 611.108 |
| A celle de Bouchain. . . . . . . . | 591.723 |
| Différence. . . . . . . | 19.385 |

Les expéditions par chemin de fer donnent lieu à une observation semblable quoique moins marquée peut-être ; ce qui est arrivé de Belgique aux stations comprises entre Douai et Quiévrain s'élève à 35.415 tonnes, dont 2.900 pour Douai et 26.510 pour Valenciennes.

Le total des arrivages à ces diverses stations est de 73.465 tonnes.

Ces chiffres montrent d'une manière évidente que le bassin de Valenciennes entend rester le maître des fournitures dans un rayon rapproché; il ne souffre pas que le bassin de Mons livre par canaux sur des points où il arrive plus facilement et plus rapidement, et pour lesquels la différence de fret est plus grande; par chemin de fer il a une supériorité moins marquée; Valenciennes reçoit 26.510 tonnes de Mons, quoiqu'il y ait une fosse à moins de 500 mètres de la station; mais par canaux sur les points que nous considérons, Mons semble renoncer à la lutte : sur 611.108 tonnes qui passent à Fresnes, 591.723 arrivent à Bouchain.

Au delà, les choses se passent autrement.

Du bassin rond près Étreux, se détache le canal de la Sensée; c'est par là que Valenciennes expédie sur Lille et Arras, et que Mons expédie sur cette dernière ligne; les chiffres de déchargement qui représentent à

peu près les quantités passées dans le canal sont :

| | tonnes. |
|---|---|
| Pour Mons. . . . . . . . . . . . . . | 12.548 |
| Pour Valenciennes. . . . . . . . . . | 17.844 |

On voit que le bassin de Valenciennes expédie peu par cette voie sur Lille.

La majeure partie des expéditions sur Lille se fait par la Scarpe; il est entré dans cette rivière à Mortagne par l'Escaut marchant vers Douai et Lille :

| | tonnes. |
|---|---|
| Houille de Mons. . . . . . . . . | 489.776 |
| Houille de France. . . . . . . . . . | 189.202 |

Les chargements de houille française sur la Scarpe s'élèvent à 40.000 tonnes.

Les houilles de Mons l'emportent de beaucoup sur celles de Valenciennes, dans la direction de Douai et de Lille.

Nous savons qu'elles ne s'engagent pas dans le canal d'Aire à la Bassée ; les houilles du Pas-de-Calais les arrêtent.

Le canal de la Sensée décharge dans la Scarpe, au bassin rond 16.090 tonnes.

Ce chiffre représente les expéditions du Pas-de-Calais par eau dans la direction de Paris; on voit qu'elles sont insignifiantes.

A Cambrai nous trouvons :

| | tonnes. | p. 100. |
|---|---|---|
| Houille de Mons. . . . . . | 578.933 | 63 |
| Houilles françaises. . . . | 342.119 | 37 |

C'est près de Quessy, sur la branche de La Fère à l'embranchement de la ligne de Charleroi, que s'opère la rencontre des houilles des bassins de Mons et de France avec les houilles de Charleroi; le mouvement sur cette branche est :

| | tonnes. | p. 100. |
|---|---|---|
| Houille de Mons. . . . . | 419.646 | 39 |
| Houille de Charleroi. . . | 444.813 | 41 |
| Houille française.. . . . | 200.428 | 20 |
| Total. . . . . . . | 1.064.887 | |

On voit qu'entre Cambrai et Quessy, il s'est placé, toutes proportions gardées, plus de houille française que de houille de Mons.

Près de Saint-Simon s'embranche le canal de la Somme ; il y est entré :

| | tonnes. |
|---|---|
| Houille de Mons. . . . . . . . . . . | 46.998 |
| Houille française. . . . . . . . . . | 33.775 |
| Houille de Charleroi. . . . . . . . | 30.890 |

Les houilles de Charleroi qui remontent le canal de Saint-Quentin se dirigent en majeure partie vers le canal de la Somme ; à Jussy il était passé 46.384 tonnes.

6.232 à destination de Saint-Quentin.
211 à destination de Vendhuile.
0 au delà de Vendhuile.

Les houilles de Charleroi coûtent, rendues à Vendhuile :

| | fr. |
|---|---|
| Prix de vente mis à bateau. . . . . | 12,00 |
| Entrée. . . . . . . . . . . . . . . . | 1,85 |
| Fret. . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,00 |
| Total. . . . . . . | 21,30 |

Celles de Mons coûtent :

| | fr. |
|---|---|
| Prix de vente. . . . . . . . . . . . | 14,25 |
| Entrée. . . . . . . . . . . . . . . . | 1,85 |
| Fret. . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,00 |
| Total. . . . . . . | 20,00 |
| La différence est de. . . | 1,30 |

Quoique bien faible, elle suffit pour empêcher le charbon de Charleroi de remonter plus haut.

Dans la direction de la Fère, on voit se produire un effet semblable; les houilles de Charleroi arrêtent celles de Mons et de Valenciennes.

Il est sorti dans la direction de la Fère :

| | tonnes. |
|---|---|
| Houille de Mons.......... | 27.655 |
| Houille de Valenciennes...... | 5.713 |

Les prix de Charleroi et de Mons comparés sont les suivants à la Fère :

| | Charleroi. fr. | Mons. fr. |
|---|---|---|
| Achat........... | 12,00 | 14,15 |
| Entrée.......... | 1,85 | 1,85 |
| Fret............ | 6,15 | 5,00 |
| Totaux...... | 20,00 | 21,00 |

Il est à remarquer que Mons cherche plutôt que Valenciennes à gagner du terrain en remontant vers Charleroi.

Les houilles françaises déchargent 51.688 tonnes à Chauny; il y a là pour elles un débouché considérable.

Avant Compiègne, à l'entrée du confluent de l'Aisne, nous trouvons :

| | tonnes. | p. 100. |
|---|---|---|
| Mons............. | 373.129 | 39 |
| Charleroi......... | 439.363 | 46 |
| France........... | 137.872 | 15 |
| Totaux....... | 950.564 | 100 |

Entre ce point et Fargniers, il s'est donc placé, proportions gardées, bien plus de houilles françaises que de houilles belges; Charleroi surtout a peu placé dans le trajet.

Il remonte dans l'Aisne :

| | tonnes. | p. 100. |
|---|---|---|
| Mons............. | 42.401 | 33 |
| Charleroi.......... | 63.600 | 50 |
| France........... | 20.200 | 13 |
| Totaux....... | 126.200 | 100 |

La proportion entre les houilles françaises et belges qui remontent l'Aisne, est on le voit plus faible que celle qui existe entre les mêmes houilles arrivant au confluent de l'Aisne et de l'Oise.

Si l'on prend les quantités sorties du département de l'Aisne à destination des départements de la Marne et des Ardennes, on trouve une différence plus sensible encore.

Quantités sorties du département de l'Aisne à destination de la Marne et des Ardennes.

| | tonnes. |
|---|---|
| Mons | 17.500 |
| Charleroi | 45.100 |
| France | 3.100 |

Nous voyons donc que sur ces points éloignés nos houillères abandonnent le marché à la Belgique.

La même remarque s'applique pour les expéditions vers Paris et Rouen; nous trouvons à la sortie de l'Oise :

| | tonnes. | p. 100. |
|---|---|---|
| Mons | 276.261 | 38 |
| Charleroi | 355.078 | 49 |
| France | 95.071 | 13 |
| Totaux | 726.410 | 100 |

Les expéditions de France entrent seulement pour 13 p. 100 dans le total, tandis qu'à Fargnier elles figuraient pour 20 p. 100.

En résumé, il ressort des nombres que nous avons donnés, que nos houillères de Valenciennes alimentent la consommation locale à l'exclusion presque complète de la Belgique, entrent en partage avec elle sur les points les plus à portée et cèdent en grande partie la place pour les expéditions au loin, vers Reims et les Ardennes, Rouen, Paris et au delà; elles ne pourraient se faire une part plus large qu'en accordant des réductions

de prix; elles ne veulent sans doute point les consentir; c'est Charleroi plus encore que Mons qui expédie au loin.

La même remarque s'applique, mais à un degré moindre, aux expéditions par chemin de fer.

Paris a reçu en 1857, par chemin de fer :

| | | tonnes. | |
|---|---|---|---|
| Belgique. | 1° De Mons | 177.096 | 288.682 |
| | 2° De Charleroi | 106.616 | |
| | 3° Du Centre | 4.970 | |
| France | | | 121.030 |
| | Total | | 409.712 |

Entre Quiévrain et Amiens, et dans la direction de Lille, la lutte se soutient bien avec Mons.

Pour les stations comprises entre Amiens et Paris, Mons et Charleroi dominent; on ne voit pas nos houilles remonter dans la direction de Charleroi pour lutter avec elles; ce sont, au contraire, les houilles de Charleroi qui remontent dans la direction de Valenciennes sans dépasser toutefois Amiens.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer caractérisent parfaitement le commerce du bassin de Valenciennes et l'esprit qui le dirige.

Nous voyons : 1° que les mines de ce bassin ont un débouché très-important dans la localité, débouché qu'elles cherchent à agrandir; 2° qu'elles ne permettent point à Mons de venir sur le marché local; 3° qu'elles partagent avec la Belgique les marchés les plus voisins, qui sont les plus avantageux; 4° qu'elles abandonnent en grande partie à celle-ci les marchés éloignés, que l'on ne peut aborder qu'avec des réductions de prix notables; 5° qu'elles évitent une concurrence outrée qui serait ruineuse.

Il est certainement de bonne administration d'éviter l'avilissement des prix qu'entraîne nécessairement une

concurrence excessive; mais il nous semble que nos houillères poussent l'application de ce principe trop loin, lorsqu'elles abandonnent presque entièrement les marchés éloignés aux houilles belges. Sans doute elles ne peuvent les aborder qu'en consentant des réductions de prix notables; mais si elles gagnaient peu sur le prix de vente, elles auraient l'avantage de produire plus, et par suite de diminuer leurs frais généraux; leur politique doit consister non point à exclure les houilles belges des marchés facilement accessibles aux deux pays, mais à prendre une part aussi large que possible dans l'approvisionnement de chaque marché, et à profiter pour cela de tous les accroissements de consommation.

Nous savons bien que l'on peut répondre à cette observation que la demande a été tellement forte dans ces dernières années, qu'il était presque impossible à nos mines de produire assez pour y suffire; qu'elles devaient par conséquent choisir les débouchés qui leur étaient les plus avantageux.

Mais cet état de choses n'a duré que trois ans environ, de 1854 à 1857, tandis que notre observation s'applique à toutes les années; la réponse que nous venons d'indiquer ne lui ôte donc rien de sa force.

Une autre observation à laquelle nous attribuons encore plus de valeur et de portée, c'est que nos houillères ne livrent à la consommation ni gros, ni gailleteries, ni coke, ni briquettes, ou n'en livrent que des quantités insignifiantes; leurs produits consistent presque uniquement en tout venant; ainsi les chemins de fer, qui tirent de la Belgique près de 200.000 tonnes de coke, gros et briquettes, ne tirent de nos houillères du Nord que 20.000 tonnes environ de gros, coke ou briquettes; elles n'en produisent presque pas.

Nous sommes convaincu que nos houillères ont tort, dans leur propre intérêt, de ne pas produire davantage ces sortes de combustibles. Le commerce de la houille comprend :

1° Les gros et gailleteries;

2° Le tout venant;

3° Les fines;

4° Le coke;

5° Les briquettes.

C'est le tout venant, le principal produit, celui dont on fait la consommation la plus grande; mais ce n'est pas le seul; il ne peut remplacer les autres; le consommateur veut avoir et a besoin d'avoir du gros, du coke et des briquettes; les mines qui ne livrent que du tout venant n'en rencontrent pas moins de concurrence pour cette sorte de charbon et se privent de participer aux fournitures de gros, coke et briquettes; elles évitent, il est vrai, de faire du fin, sorte de charbon dont l'écoulement est difficile; mais la fabrication du coke et des briquettes permet de l'écouler avantageusement.

Sans doute aussi il est plus simple de vendre le charbon tel qu'il sort de la fosse; la simplicité en affaires a bien son mérite. De plus, nos charbons sont moins gailleteux que ceux de Belgique et d'Angleterre; mais dans le commerce, il faut se servir des mêmes moyens et des mêmes armes que les concurrents, si l'on veut grandir et conquérir une large place sur le marché; nous croyons que nos houillères auraient avantage à entrer dans cette voie et nous sommes persuadés qu'elles ne tarderont pas à le faire.

Nous avons exposé la situation de nos houillères et celles des mines belges et anglaises avec lesquelles elles sont en concurrence; il nous sera facile mainte-

naut de nous rendre compte des résultats que peuvent donner les modifications de droits de douanes et des réductions de tarifs sur les canaux.

La Belgique vit par l'exportation, toutes ses industries ne se développent que par l'exportation, l'industrie houillère comme les autres.

La production du Hainaut, qui comprend les trois bassins de Mons, du Centre et de Charleroi, s'est élevée en 1857 à 6.441.182 tonnes ; il est entré de Belgique en France :

| | Coke. tonnes. | Houille. tonnes. | Total. tonnes. |
|---|---|---|---|
| Canal de Mons à Condé. . . . . | 22.557 | 1.099.515 | 1.122.072 |
| Sambre supérieure . . . . . . . | » | 481.174 | 481.1 4 |
| Sambre inférieure . . . . . . . . | 1.304 | 200.101 | 201.405 |
| Chemin de fer par Valenciennes. | 148.023 | 305.286 | 453.309 |
| Chemin de fer par Jeumont. . | 46.188 | 270.472 | 316.660 |
| Par d'autres voies. . . . . . . | » | 105.168 | 105.168 |
| | 218.072 | 2.461.716 | 2.679.788 |

C'est le Hainaut qui a fourni presque en entier cette quantité totale de 2.679.788 ; elle s'élève à 41 p. 100 de sa production.

La production totale de la Belgique en 1857 peut être évaluée à 8.100.000 tonnes, en ajoutant au chiffre précédent 1.700.000 tonnes pour la production des bassins de Namur et de Liége ; d'après le *Moniteur belge*, le total des exportations s'est élevé à 2.885.291 tonnes, soit 34 p. 100 de la production totale.

Elle a reçu la même année de l'étranger 147.366 tonnes, dont 64.613 tonnes de France. Ce sont les houilles maigres du Nord qui remontent vers Tournai.

Les nombres que nous venons de donner montrent que la France est le principal débouché des houilles belges.

Le chiffre 6.441.182 tonnes de production du Hainaut se répartit ainsi qu'il suit entre les trois bassins.

| Mons. tonnes. | Centre. tonnes. | Charleroi. tonnes. | Total. tonnes. |
|---|---|---|---|
| 2.691.079 | 1.083.169 | 2.666.934 | 6.441.182 |

On peut évaluer les exportations de ces bassins en France.

| | tonnes. |
|---|---|
| Mons et le Centre | 1.525.021 |
| Charleroi | 1.034.780 |

Nous ne saurions distinguer la part du centre de celle de Mons; nous estimons qu'elle s'élève à 200.000 tonnes environ.

Nous avons vu que la Belgique a expédié en France 118.072 tonnes de coke; il est difficile de dire ce qu'elle envoie de gros et de briquettes; mais le tableau suivant en donne une idée.

*Production du Hainaut en* 1857.

| | tonnes. |
|---|---|
| 1° Gaillettes ou gros | 219.140 |
| 2° Gailleteries | 349.662 |
| 3° Fines | 938.871 |
| 4° Grosse houille | 280.367 |
| 5° Forges gailleteuses ou tout venant | 3.944.095 |
| 6° Autres espèces | 709.047 |
| Total | 6.441.182 |

La quantité de gros, gaillettes et gailleterie s'élève à 849.169; on peut estimer que plus des deux tiers passent en France; ces chiffres montrent de quelle importance est la consommation de gros et gailleteries en France et l'avantage que nos mines trouveraient à livrer ces sortes de charbon au commerce; ajoutons-y le coke et les briquettes, c'est 1.000.000 de tonnes de combustible que demande la consommation et à la fourniture desquelles nos houillères ne prennent qu'une part insignifiante.

La production de l'Angleterre est de beaucoup supérieure à celle de la Belgique; elle est évaluée, pour l'année 1855, par M. Robert Hunt, conservateur des Archives des mines, au chiffre énorme de 64.451.076 tonnes anglaises (1), soit dix fois la production du Hainaut ou encore la production de la France entière; l'exportation est considérable en elle-même, 5.061.792 tonnes, mais faible relativement à la production dont elle ne représente que le 1/13; c'est un avantage qu'a l'Angleterre sur la Belgique dont l'exportation est supérieure au tiers de la production.

Il résulte de cette situation un fait qu'il importe de signaler; c'est que l'Angleterre peut expédier en France de très-fortes quantités de houille sans que la demande provoque une augmentation de prix sensible; il en est tout autrement pour la Belgique.

Il y a aussi entre les houillères du Royaume-Uni et celles de France et de Belgique une différence capitale; c'est qu'elles peuvent prospérer en se contentant d'un faible bénéfice par tonne, tandis que celles-ci recherchent forcément un bénéfice élevé; cela tient à ce qu'un exploitant de houillères anglaises obtient d'aussi beaux bénéfices en ne gagnant que 1f,25 (2) par 1.000 kil. que l'exploitant français qui gagne 3 francs.

En effet, avec un capital d'un million de francs, on arrive, dans le bassin de Newcastle, à produire au bout de cinq années 100.000 à 200.000 tonnes; le bénéfice étant de 1f,25 par tonne, l'exploitant gagne 125.000 à 250.000 francs, soit 12,50 à 25 p. 100 de son ca-

(1) La tonne anglaise est de 1.015 kil.

(2) Le bénéfice réel de la mine est supérieur à 1f,25; car l'exploitant n'est point propriétaire, et il paye au propriétaire une redevance connue sous le nom de *royalty*, qui n'est pas moindre de 1 fr. par tonne.

pital. Il faut en France, dans les meilleures conditions, un capital de 3 millions et dix années de travail pour produire la même quantité de 100.000 à 200.000 tonnes; le bénéfice étant de 3f,75 par tonne, l'exploitant gagne de 375.000 à 750.000 francs, soit 12,50 à 25 p. 100; ainsi il faut en France un capital triple et deux fois plus de temps pour obtenir dans les meilleures conditions de vente le même bénéfice que l'exploitant anglais, et pour obtenir ce résultat il faut gagner trois fois plus par tonne de charbon; c'est là la différence essentielle qui existe entre les exploitations anglaises et celles du continent; elle tient à la faible dépense qu'exigent les travaux de mines en Angleterre, à la richesse et à la régularité des couches, à la concentration de la population ouvrière, à la facilité des voies de communication et à l'immense débouché que présente la consommation du pays; sur un marché de 70.000.000 tonnes, ce n'est rien que de jeter en un an 200.000 tonnes; c'est beaucoup sur un marché de 4 000.000 à 5.000.000 tonnes comme celui qui est ouvert à nos houilles du Nord.

De ce que nous venons de dire découlent, pour la lutte que nos mines soutiennent contre les houilles anglaises deux conséquences importantes : la première c'est que l'envahissement du marché français par les houilles anglaises ferait peu ou point hausser leurs prix ; il n'a pas une assez grande importance relative pour amener ce résultat ; la seconde est que les Anglais ne peuvent guère abaisser leurs prix de vente, tandis que les mines belges et françaises ont une marge assez grande : cela leur donne une grande facilité pour empêcher les houilles anglaises d'envahir le marché.

Charleroi et au Pas-de-Calais ; après 1848 les prix de vente étaient tombés très-bas ; les exploitants se faisaient une concurrence acharnée ; ils n'ont pas tardé à voir qu'ils allaient à la ruine ou qu'ils travaillaient sans profit ; aussi formèrent-ils une association pour maintenir et au besoin élever les prix. Quand la demande devint très-forte en 1853 ils les élevèrent immédiatement et poussèrent la hausse aussi loin que possible ; l'introduction des houilles anglaises et le développement de nos houillères mirent une barrière aux prétentions de la Belgique ; depuis 1858 il y a eu baisse sur les prix ; mais le bassin de Mons fait tout ses efforts pour les maintenir ; il aime mieux conserver ses prix que d'accroître les chiffres de ses ventes ; l'augmentation de la consommation favorise cette manière de faire.

L'Angleterre ne raisonne pas autrement ; mais la production de ses mines est si considérable, les facilités de l'augmenter si grandes, que ses prix de vente ne sauraient être affectés sensiblement par l'accroissement ou la diminution de demandes de charbon venant de France ; un accroissement dans les demandes coïncidant avec une situation prospère de l'industrie, pourraient déterminer une hausse sur les prix : mais cette hausse serait faible et disparaîtrait bientôt parce que la production augmenterait immédiatement dans une forte proportion ; l'équilibre entre l'offre et la demande serait bien vite rétabli ; d'autre part, comme le bénéfice par tonne de houille est faible, on ne saurait attendre une diminution notable dans les prix de vente.

Telle est en résumé la situation relative des houillères du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre ; ce qui leur donne du désavantage, ce n'est point la qualité de la houille, ni la législation des mines, ni l'impéritie des exploitants, ou un désir immodéré de

bénéfices excessifs, c'est principalement et tout d'abord les conditions de gisement et d'exploitation des veines, puis l'insuffisance du capital, les imperfections des voies de communication, les lenteurs et les difficultés que notre législation apporte à la construction de voies ferrées reliant les fosses avec les canaux ou les chemins de fer, enfin les conditions commerciales pour l'écoulement de leurs produits; voilà quelles sont les véritables causes de leur infériorité vis-à-vis de l'étranger.

IX.

Une réduction de 1f,80 par tonne sur les droits qui frappent la houille anglaise à l'entrée a pour effet certain d'amener une baisse de 1f,80 dans tous les ports de mer. Conclusi

Peut-être, si la réduction des droits coïncidait avec une grande activité dans le commerce de la houille, les producteurs anglais élèveraient-ils le prix de 0f,50 à 1 franc; mais nous l'avons vu, si cette hausse avait lieu, elle ne saurait être de longue durée.

Est-il probable, au contraire, que les Anglais baissent leurs prix pour s'emparer tout à fait des marchés importants et refouler au loin les houilles belges et françaises?

Ce danger ne nous paraît pas à craindre pour celles-ci, parce que le bénéfice aux 1.000 kil. fait par les mines anglaises n'est que de 1 franc à 1f,25; la marge pour une baisse de prix est faible; toute baisse qui porte en entier sur le bénéfice est très-sensible au producteur; une augmentation de production rapide peut en outre amener une hausse de salaires.

Ce qui nous paraît très-probable, c'est qu'il y aura sur les charbons anglais dans nos ports une baisse égale à la réduction de droits de douanes.

Si au lieu de toucher au droit sur les houilles anglaises, on diminuait seulement le droit sur les houilles belges, en serait-il de même? Les Belges pour une réduction de 1 franc, par exemple, laisseraient-ils le consommateur profiter seul de cette réduction? Nous ne le pensons point; leur intérêt serait évidemment de partager le plus longtemps possible le bénéfice de cette réduction avec le consommateur; car s'ils maintenaient leurs prix, leurs concurrents français baisseraient forcément le leur pour ne pas perdre une trop grande part de leurs fournitures. L'accroissement dont profiterait la Belgique ne donnerait pas un bénéfice égal à celui qu'elle obtiendrait en élevant de 0f,50, par exemple, le prix de ses charbons tout en vendant un peu moins.

Tout industriel a deux choses à considérer: le bénéfice qu'il fait par unité de marchandises vendues, et le nombre d'unités vendues dans l'unité de temps qui est l'année. C'est le produit de ces deux nombres qui constitue son bénéfice total; il doit le faire varier de manière à obtenir le plus grand bénéfice possible. C'est donc un problème de maximum qu'il a à résoudre, problème qui peut être formulé ainsi: faire en sorte que le produit du bénéfice obtenu sur l'unité de marchandises par le nombre d'unités vendues dans l'unité de temps soit un maximum. Une première solution peut être obtenue en réduisant l'un des éléments, le bénéfice par unité, si par là on parvient à augmenter le second, le nombre d'unités vendues. On peut encore résoudre le problème en obtenant un gros bénéfice par unité et vendant peu. Entre ces deux solutions extrêmes s'en placent une infinité d'autres.

L'État qui veut le progrès et le bon marché, qui veut aussi que les classes ouvrières aient du travail, et

un travail rémunérateur, souhaite la première de ces solutions.

Pour l'industriel, c'est chose différente ; ce qu'il voit avant tout c'est le bénéfice total ; cependant, comme il est plus commode de gagner en vendant peu, mais cher, qu'en vendant beaucoup, mais bon marché, il incline naturellement vers la seconde solution. C'est celle qui est généralement adoptée dans tous les pays où la consommation est faible et où l'industrie n'a pas encore pris de grands développements ; elle est alors commandée par la force des choses ; ce n'est que quand les consommations atteignent des chiffres élevés et que la production est très-considérable, que la transformation s'opère ; elle est la conséquence des progrès rapides que fait l'industrie ; elle suit ces progrès, mais elle ne saurait les devancer ; les sociétés modernes tendent à l'opérer promptement, et marchent à grands pas vers ce but.

Pour l'exploitant de mines, l'unité de marchandises est la tonne de houille, son bénéfice, le produit du bénéfice à la tonne par le nombre de tonnes vendues. Le produit pour l'industrie houillère est inséparable d'une grande production ; ce n'est qu'en produisant beaucoup qu'elle peut se contenter d'un faible bénéfice à la tonne ; comme dans toute autre industrie, il faut que le produit du bénéfice sur l'unité de marchandises par le nombre d'unités vendues soit un maximum ; les mines anglaises produisent des quantités énormes de houille ; elles peuvent se contenter d'un faible bénéfice à la tonne ; les nôtres produisent beaucoup moins, il faut qu'elles gagnent plus par tonne.

Le reproche que l'on fait à nos exploitants et aux exploitants belges d'exiger une bénéfice considérable par tonne de houille vendue n'a donc point de valeur ;

en agissant comme ils le font, ils obéissent forcément à la loi économique que nous avons rappelée. Il n'est pas plus fondé que celui qui est adressé à l'État, de vouloir ruiner l'industrie, lorsqu'il cherche, par les lois qu'il rend, à la pousser dans la voie de la grande production et du bon marché.

Il nous a paru nécessaire de rappeler ces principes pour bien faire comprendre l'effet que la réduction des droits sur les houilles étrangères produira sur les houillères du Nord.

Nous avons dit que la conséquence certaine et immédiate d'une réduction de droits de 1f,80 sur les houilles anglaises sera une diminution de 1f,80 sur le prix de houilles dans nos ports du littoral; ainsi à Calais et Dunkerque les houilles du Pas-de-Calais, qui disputent aujourd'hui le marché, devront se retirer complétement, à moins que leur prix ne soit abaissé.

Supposons qu'il soit maintenu, supposons que rien ne soit changé aux prix des houilles de Valenciennes et de Belgique.

D'abord nos houilles seraient chassées de Calais et de Dunkerque; puis les houilles anglaises se dirigeraient de là vers l'intérieur et envahiraient le marché jusqu'à Saint-Omer et Hazebrouck, c'est vers ces points que serait reportée la séparation des houilles anglaises et françaises; celle-ci perdraient 100.000 à 200.000 fr. de fournitures.

Nous avons dit qu'à Boulogne on ne consommait que des houilles anglaises; partant de Boulogne, elles auraient l'avantage à Abbeville et pourraient lutter à Amiens; la gailleterie coûte 25 francs à Boulogne; elle ne coûterait plus que 23f,20 et reviendrait en gare à Amiens au prix de 29f,10, tandis que le gros d'Anzin coûterait 29f,40; ainsi les sortes gros et gailleteries

l'emporteraient sur les houilles indigènes. Pour les tout venant Valenciennes conserverait l'avantage; il serait de 4f,84; par conséquent les tout venant anglais ne dépasseraient pas Amiens; la suppression complète de tout droit ne suffirait même pas pour amener ce résultat, mais l'Angleterre pourra envoyer beaucoup de gailleteries à Amiens et au delà.

Les gailleteries coûteront à Paris, en gare, 32f,90, tandis que les gailleteries de Mons coûtent 32f,95 (1); il y aura donc égalité de prix.

Ainsi, pour les sortes gros et gailleteries la réduction de droits amène une concurrence très-sérieuse et permet d'aborder le marché de Paris en expédiant de Boulogne.

Il en sera de même en expédiant de Dieppe; la différence de fret entre Dieppe et Boulogne, varie de 1f,20 à 1f,75; mais Dieppe n'est qu'à 201 kil. de Paris, Boulogne à 252 kil., ce qui fait compensation.

Les houilles anglaises dominent à Rouen; elles en chasseront complétement les houilles belges et s'avanceront vers Paris; les tout venant n'y arriveront point, mais les gros et gailleteries prendront part au marché.

Ainsi, dans l'hypothèse que nous avons admise, maintien des prix des houilles belges et françaises, l'abaissement de droit de 1f,80 permet aux houilles anglaises de chasser complétement celles-ci du littoral et de Rouen et d'avancer sur Paris; les gailleteries y arriveraient; les tout venant ne le pourraient point;

---

| | | fr | | |
|---|---|---|---|---|
| (1) | Achat. . . . . . . | 21,00 | les 1.000 kil. | |
| | Douane. . . . . . | 1,85 | — | |
| | Chemin de fer. . . | 10,10 | — | |
| | Total. . . . . | 32,95 | | |

la suppression complète des droits le leur permettrait à peine.

Que vont donc faire les mines belges et françaises?

Si elles maintiennent leur prix, c'est 400.000 à 500.000 tonnes environ qu'elles auront de moins à fournir. Le Pas-de-Calais à lui seul perdrait 200.000 tonnes; avec une production de 550.000 tonnes il ne peut accepter une réduction semblable.

Il abaissera donc ses prix.

Mais s'il les abaisse de 1f,80 pour le ventes sur le littoral, il est moralement amené à le faire pour les ventes à la fosse et pour toutes les ventes; c'est la moitié de son bénéfice qu'il perd, il cherchera donc un moyen terme; au lieu de maintenir son chiffre de vente et de réduire son bénéfice par tonne de 1f,80, il préférera diminuer le premier nombre et ne pas abaisser autant le second; le produit des deux nombres sera plus grand; nous présumons qu'une réduction de 1 franc par tonne sera pour lui la combinaison la plus avantageuse.

Mais cette réduction opérée, à Lille et sur tous les autres points où il se trouve en concurrence avec les houilles de Mons, il aurait l'avantage.

Mons, pressé par le Pas-de-Calais, repoussé par les houilles anglaises, agira de même; Charleroi, le Centre et le bassin de Valenciennes suivront forcément cet exemple.

Le bassin de Valenciennes, plus que tout autre, peut faire un sacrifice sur les quantités vendues au loin, car il a une vente à la campagne très-considérable; si pour conserver ces fournitures il fait une baisse importante, il ne trouvera pas dans le nombre d'unités vendues une compensation suffisante au sacrifice fait sur le bénéfice par unité de marchandises;

Mons et Charleroi qui expédient en France près de la moitié de leur production, et qui n'ont point une consommation locale aussi forte, ont intérêt à faire un plus grand sacrifice sur le bénéfice à la tonne, un moindre sur le nombre de tonnes vendues ; il est donc possible que la baisse soit plus forte sur les charbons belges que sur les charbons de Valenciennes, mais elle le sera moins que sur les charbons du Pas-de-Calais, dont le production est faible encore et dont les débouchés les plus importants sont menacés.

Mais la situation sera changée quand le chemin des houillères du Pas-de-Calais sera terminé ; celle-ci expédiant alors à Paris et réagissant avec plus de force sur les houillères de Valenciennes et de Belgique, les obligeront à une nouvelle baisse qui nivellera les prix.

En résumé, la réduction de droit de 1f,80 sur les houilles anglaises aura pour effet immédiat d'amener une baisse de 1 franc sur les houilles de Belgique et de France et de leur enlever des ventes importantes.

La suppression complète des droits sur les houilles anglaises aurait des effets bien autrement sensibles : le marché de Paris et les principaux marchés seraient atteints ; les houilles du Pas-de-Calais repoussées plus loin encore du littoral et obligées de se reporter vers Lille et vers Paris ; les réductions de prix devraient atteindre 2f,50 à 3 francs à la tonne.

Enfin, si le droit sur les houilles belges était aussi supprimé, la Belgique retrouverait une partie des avantages qu'elle aurait perdus ; c'est Valenciennes et le Pas-de-Calais surtout qui souffriraient ; Valenciennes aurait toujours la ressource d'une grande consommation locale, ressource qui est moindre pour le Pas-de-Calais.

Voyons maintenant par quels moyens nos houillères

peuvent diminuer les pertes qui résultent pour elles de la modification apportée à notre système de douanes; elles peuvent diminuer leurs pertes de deux manières : 1° par la diminution des prix de revient, ce qui amène une augmentation sur le bénéfice par tonne; 2° par une augmentation de production; en un mot, c'est en augmentant les deux facteurs dont le produit constitue leur gain, qu'elles peuvent améliorer leur situation.

Une baisse dans les prix de revient est difficile et lente à obtenir quand les procédés d'exploitation sont déjà bons et qu'on ne baisse pas la main-d'œuvre; nous avons vu qu'il n'y avait pas d'améliorations importantes à réaliser et susceptibles de donner une économie sensible; la principale économie devait résulter d'une augmentation de production; or celle-ci se trouve diminuée, par conséquent les frais généraux augmentés. Dans ces conditions, il paraît probable que les exploitants seront amenés à réduire la main-d'œuvre; cela aura certainement lieu en Belgique; il paraît difficile que l'exemple ne soit pas suivi en France; c'est le seul moyen d'obtenir une baisse immédiate et sensible sur le prix de revient que les exploitants aient à leur disposition; ils en feront usage. Si un accroissement de production coïncidait avec une diminution de bénéfice à la tonne, il serait possible néanmoins que l'exploitant gagnât au chargement; mais loin d'augmenter, la production diminuera forcément; c'est là une nouvelle source de pertes, nos houillères ont donc tout intérêt à maintenir leur production par tous les moyens en leur pouvoir.

Nous avons dit qu'elles ne produisaient que de très-faibles quantités de gros, coke et briquettes; que par suite elles ne fournissaient presque rien aux chemins de fer. Nous pensons qu'elles devront faire ces sortes

de produits et partager ces fournitures avec la Belgique et l'Angleterre.

Nous avons dit qu'elles paraissaient négliger les marchés lointains; elles devront, sous ce rapport, modifier leur conduite et y prendre une plus large part.

Telles sont les mesures qu'elles devront adopter pour maintenir le chiffre de leur production; mais il en est d'autres qui ne dépendent point d'elles, que le gouvernement seul peut prendre et qui exerceraient l'influence la plus heureuse sur le développement de leur production.

La principale de ces mesures consiste dans la suppression des droits de navigation sur les canaux. Voyons quelle serait la valeur et la portée d'une semblable mesure?

Parmi les lignes navigables, les unes sont exploitées par des compagnies, les autres par l'État au profit exclusif du trésor; c'est sur ces dernières seulement que peuvent être opérées de suite des suppressions de tarifs. Des réductions ne pourraient être opérées sur les autres lignes qu'avec l'agrément des compagnies ou qu'autant que l'État les rachèterait.

Nous n'examinerons point ce dernier cas; nous supposerons seulement que l'État supprime les droits de navigation sur les lignes dont il dispose; ce qu'il peut faire immédiatement, il ne s'agit, dans tout ce qui va suivre, que des lignes qui desservent les houillères du nord de la France et de la Belgique.

Sur la Seine, entre Paris et Rouen, sur l'Aisne canalisée et le canal latéral à l'Aisne, sur la Meuse, la perception s'opère conformément à la loi du 9 juillet 1836, d'après le tarif annexé à ladite loi modifié par les ordonnances des 27 octobre 1837 et 20 novembre 1839.

Le tarif est de 0f,00165 par tonne et par kilomètre.

Un décret du 4 septembre 1849, prorogé par le décret du 24 août 1854, fixe ainsi qu'il suit le tarif à percevoir sur la ligne de Saint-Quentin.

Par myriamètre :

1° Bateaux chargés, par tonne de chargement réel, 0f,10;

2° Bateaux vides, par tonne de capacité possible, 0f,01.

Plus le décime par franc.

Les bateaux revenant à vide, le droit par tonne de charbon est donc de 0f,0121.

Le décret du 4 septembre 1849 fixe de la manière suivante les droits de navigation que paye le charbon sur les rivières et canaux des bassins de l'Escaut et de l'Aa :

Par tonne et par myriamètre :

Bateaux chargés de charbon, 0f,05 ;

Bateaux vides, d'après le tonnage possible, 0f,01.

Plus le décime.

Les bateaux de charbon allant à charge et revenant à vide, on doit compter 0f,0066 par tonne et par kilomètre.

Ce tarif s'applique aux lignes suivantes :

Canal de Bergues à Dunkerque.

Canal de Bergues à Furnes (rivière Colme).

Canal de Bourbourg.

Canal de la Bourre.

Canal de Calais et ses embranchements.

Canal de la Colme (Haute-).

La rivière d'Escaut.

Le canal d'Hazebrouck.

La rivière de Law ou canal de Béthune.

La rivière de Lys.

Le canal de Mons à Condé.

Le canal de Neuf-Fossé.

Le canal de la Nieppe.

La rivière de la Scarpe, d'Arras au fort de la Scarpe.

L'Escaut français.

Les voies navigables que nous venons de désigner sont les seules sur lesquelles la perception des droits s'opère au profit du trésor; il faut encore y ajouter la Deule et la Lys, dont la concession est expirée en 1834.

Nous pouvons facilement établir les économies de transport résultant de la suppression des tarifs; elles seraient les suivantes pour les expéditions de Valenciennes.

1° *De Valenciennes à Paris.*

| Désignation des lignes sur lesquelles le droit serait supprimé. | Distances. | Taxes perçues. |
|---|---|---|
| | kil. | fr. |
| Escaut : de Valenciennes à Cambrai. . . . . | 35 | 0,2310 |
| Canal de Saint-Quentin. . . . . . . . . . . . | 92 | 1,1132 |
| Seine : de l'embouchure de l'Oise à la Briche. | 42 | 0,0693 |
| Total. . . . . . . | | 1,4135 |

2° *De Valenciennes Rouen.*

| | | |
|---|---|---|
| Escaut et canal Saint-Quentin. . . . comme ci-dessus. | | 1,3442 |
| Seine : de l'embouchure de l'Oise à Rouen. | 171 | 0,2821 |
| Total. . . . . . . | | 1,6263 |

3° *De Valenciennes à Saint-Simon et vers Amiens.*

| | | |
|---|---|---|
| Escaut. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 35 | 0,2310 |
| Canal de Saint-Quentin : de Cambrai au canal de la Somme. . . . . . . . . . . . . . | 68 | 0,8228 |
| Total. . . . . . . | | 1,0538 |

*4° De Valenciennes à Neufchâtel et au delà, vers la Marne et les Ardennes.*

| Désignation des lignes sur lesquelles le droit serait supprimé. | Distances. kil. | Taxes perçues fr. |
|---|---|---|
| Escaut et canal de Saint-Quentin. . . . . . . | » | 1,3442 |
| Aisne canalisée et canal latéral : de l'embouchure de l'Aisne à Neufchâtel. . . . . | 119 | 0,3135 |
| Total. . . . . . . | | 1,6577 |

*5° De Valenciennes à Lille.*

| | | |
|---|---|---|
| Canal de la haute Deule : du fort de la Scarpe à Lille. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 48 | 0,3168 |
| De l'embouchure du canal du fort de la Sensée au fort de la Scarpe. . . . . . . . . . | 7 | 0,0462 |
| Total. . . . . . . | | 0,3630 |

*6° De Valenciennes à Dunkerque.*

| | | |
|---|---|---|
| Scarpe : du canal de la Sensée au fort de la Scarpe. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7 | 0,0462 |
| Haute Deule : du fort de la Scarpe au canal, à Beauvois. . . . . . . . . . . . . . . . . | 26 | 0,1716 |
| Canal de Neuf-Fossé. . . . . . . . . . . . . . . | 18 | 0,1188 |
| Canal de l'Aa, de Saint-Omer au Guindal (embouchures du canal du Bourbourg). . | 22 | 0,1452 |
| Canal de Bourbourg à l'écluse du Jeu-du-Mail (Dunkerque). . . . . . . . . . . . . . | 21 | 0,1386 |
| Total. . . . . . . | | 0,6204 |

Le Pas-de-Calais bénéficierait, pour les expéditions sur Dunkerque, de 0f,4826.

Mons profiterait, pour les bateaux passant à Valenciennes, de toutes les réductions dont jouirait le bassin de Valenciennes; en outre il aurait de moins à payer :

| | kil. | fr. |
|---|---|---|
| Canal de Mons à Condé : partie française. . . | 5 | 0,0330 |
| Escaut : de Condé à Valenciennes . . . . . . . | 13 | 0,0858 |
| Total. . . . . . . | | 0,1188 |

Vers Lille ou Dunkerque pour arriver au fort de la Scarpe, il jouirait des réductions suivantes :

| | kil. | fr. |
|---|---|---|
| Mons à Condé : partie française. . . . . . . . . | 5 | 0,0330 |
| Escaut : Condé à Mortagne. . . . . . . . . . . . | 14 | 0,0924 |
| Total. . . . . . . | | 0,1254 |

Cette réduction est supérieure de $0^f,0792$ à celle qu'auraient les bateaux de Valenciennes pour arriver au même point.

Charleroi n'aurait pas les mêmes avantages.

Avant d'arriver à Fargniers, point de jonction avec la ligne de Mons à Paris, il ne jouirait d'aucune réduction; c'est donc un avantage de $1^f26$ qu'a Valenciennes :

| | kil. | fr. |
|---|---|---|
| Escaut. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 35 | 0,2310 |
| Cambrai au chemin de la Fère. . . . . . . . . | 85 | 1,0285 |
| Total. . . . . . . | | 1,2595 |

et $1^f,37$ qu'a Mons sur Charleroi pour les expéditions au delà de Fargniers vers Paris, Rouen, la Marne et les Ardennes.

Pour arriver au canal de la Somme, les charbons de Charleroi auraient les réductions suivantes :

| | kil. | fr. |
|---|---|---|
| Du canal de la Fère au canal de la Somme, on compte. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 17 | 0,2057 |
| Sur le même point, Valenciennes gagne. . . . | » | 1,0538 |
| En plus. . . . . . . | | 0,7481 |

En résumé, la suppression des droits de navigation sur les canaux appartenant à l'État ferait baisser le fret de Valenciennes sur Paris de $1^f,41$, sur Rouen de $1^f,64$, vers Amiens de $1^f,05$, vers la Marne et les Ardennes de $1^f,63$ à $1^f,66$, sur Dunkerque de $0^f,52$, sur Lille de $0^f,36$.

Mons aurait une réduction de quelques centimes plus grande encore.

Le Pas-de-Calais gagnerait $0^f.40$ sur le fret de Dunkerque.

Mais Charleroi ne prendrait qu'une faible part à ces avantages ; il en profiterait à peine et relativement perdrait.

Quelles seraient les conséquences des suppressions de droits que nous venons d'indiquer?

La première serait un abaissement correspondant des tarifs sur le chemin de fer. Celui-ci ne voudrait pas perdre les transports qu'il a aujourd'hui. Une réduction de 1f,41 sur le transport de Valenciennes à Paris n'est pas assez élevée pour qu'il ne puisse le faire ; il a tout intérêt, d'autre part, à ce que Charleroi continue à expédier beaucoup en France à de grandes distances. Il sera donc conduit à diminuer aussi ses tarifs sur cette ligne, quoique la concurrence des canaux agisse moins de ce côté.

La diminution des tarifs de chemins de fer sera donc la conséquence de la suppression des droits de navigation.

Que vont faire les mines?

Il est clair que les bassins de Valenciennes et Mons vont se trouver à Paris, à Rouen et à Amiens dans des conditions peu différentes de celles où elles se trouvaient avant la réduction des droits de douanes ; il leur suffira d'une baisse de 0f,50 à 0f,60 à la tonne pour maintenir leur position ; elles auront sur Charleroi, pour les expéditions par eau au delà de Fargniers, un avantage important ; mais Charleroi, qui tient à se développer, baissera ses prix pour se maintenir ; la diminution des tarifs des chemins de fer lui viendra sans doute aussi en aide.

Il semble donc que Valenciennes et Mons pourraient ne point baisser leurs prix de vente.

Mais le Pas-de-Calais n'obtient qu'un médiocre avantage vers le littoral ; il devra, pour se maintenir sur ce

marché qui est d'une haute importance pour lui, consentir une réduction de plus d'un franc par tonne; par suite il viendra faire une concurrence très-forte à Mons, sur Lille, et aussitôt les chemins de fer terminés, il disputera à Mons et à Valenciennes le marché de Paris et des points intermédiaires.

C'est ce qui les forcera à faire les mêmes réductions de prix.

Nous estimons que le Pas-de-Calais devra baisser ses prix de 1 franc à 1f,50 par tonne. Valenciennes et Mons en feront autant; ils n'auraient pas intérêt à faire plus, s'il y avait simplement réduction de droits sur les houilles anglaises; tout au plus devons-nous admettre 0f,20 à 0f,30 de moins dans la baisse qu'ils auraient subie sans la suppression de tarifs sur les voies navigables de l'État.

La réduction des droits sur les houilles anglaises seule aurait amené une baisse de 1f,80 sur les prix de la houille dans les ports de mer; à mesure qu'on se serait éloigné des points d'arrivage, la diminution eût été moins forte, et là où les charbons belges et français eussent diminué, la baisse eût atteint 1 franc à peine; son effet sur l'accroissement de la consommation eût été faible; avec la suppression des tarifs sur les voies navigables dépendant de l'État, la baisse atteindra le chiffre de 1 franc à 3 francs, suivant les localités, et sera de 2 à 3 francs sur les marchés les plus éloignés des mines. Cela ne peut manquer d'exercer une influence sensible sur la consommation et, par suite, sur la production de nos mines.

Or une grande production permet de réduire considérablement les frais d'exploitation de la houille; quand une mine est en activité, il lui suffit souvent d'un capital moitié moindre que celui qu'elle a dépensé

peut doubler ou tripler sa production. L'exploitant trouve donc dans l'augmentation des quantités vendues un moyen de baisser son prix de revient; vendant plus, il peut vendre meilleur marché.

En contribuant à accroître rapidement la consommation, la suppression des droits de navigation sur les lignes dépendant de l'État aurait donc pour résultat d'amener l'accroissement de production de nos mines et, par suite, un nouvel abaissement des prix de vente.

C'est au développement de leur production que doivent tendre les efforts des exploitants, car il leur permettra de regagner sur le nombre de tonnes vendues ce qu'ils perdent par la diminution du bénéfice à la tonne; l'intérêt du consommateur est que nos mines se développent, car c'est d'elles qu'il y a lieu surtout d'espérer la houille à bon marché.

En effet, ainsi que nous l'avons montré, les houilles anglaises ne peuvent point approvisionner à bas prix nos grands centres de consommation, tels que Paris, le Nord, la Somme, l'Aisne et l'Oise; précisément parce que l'industrie houillère est très-développée en Angleterre, elle ne peut baisser ses prix de vente à la fosse; ce n'est que de diminutions sur les frais de transport que le consommateur peut attendre des diminutions de prix d'achat. Pour nos mines, c'est non-seulement sur les prix de transport, c'est aussi sur les prix de vente qu'elles peuvent l'espérer; mais ces réductions ne seront obtenues d'elles que le jour où elles y trouveront avantage, c'est-à-dire le jour où une grande consommation leur permettant de produire beaucoup, leur permettra aussi de trouver une rémunération suffisante de leur capital en produisant et en vendant à bas prix.

Puis, il ne faut pas l'oublier, les consommateurs ont tout avantage à ce que nos mines fassent concur-

rence aux produits de l'étranger, et plus cette concurrence sera grande, plus ils auront chance d'avoir la houille à bas prix. S'il n'y avait que la Belgique et l'Angleterre pour approvisionner nos marchés du Nord, la Belgique trouverait probablement plus de bénéfice à restreindre l'étendue des marchés qu'elle alimente pour maintenir ses prix élevés; l'Angleterre ferait peut-être le même calcul, quoiqu'il soit moins à craindre à cause de son énorme production; mais la Belgique le ferait certainement; il suffit de se reporter à ce que nous avons dit de la conduite adoptée par les divers bassins de Mons, du Centre et de Charleroi pour s'en convaincre. N'avons-nous pas vu en 1854, quand la guerre de Crimée a amené une élévation des frets par mer, en même temps que la consommation de houille augmentait en France, la Belgique donner le signal d'une hausse rapide que la concurrence du bassin de Valenciennes et des houilles anglaises a pu seule arrêter; pendant un certain temps, les prix de Valenciennes étaient les mêmes que ceux de Mons; de plus, les livraisons de houilles belges laissaient souvent à désirer, le tout venant et les gailleteries étaient souillés de pierres et de schistes comme ils ne l'avaient jamais été. Nous n'avons pas vu le bassin de Valenciennes imiter ces exemples; il a suivi la hausse, il ne l'a pas provoquée, et, malgré l'abondance des demandes, il n'a pas livré plus mal que précédemment.

Nos consommateurs ont donc tout avantage à ce que les mines du Nord et du Pas-de-Calais se développent; leur intérêt est lié intimement au leur; ils ont tout à gagner à la concurrence qu'elles font aux houilles de Belgique et d'Angleterre.

Les mesures les plus propres à hâter ce développement se résument ainsi :

1° Suppression de tous droits de navigation sur les voies navigables.

2° Suppression de tout impôt sur les mines.

3° Adoption de mesures législatives propres à permettre aux mines de se relier promptement, avec le moins de dépenses, de formalités et de lenteurs possible, aux canaux et aux chemins de fer qui les desservent.

La Belgique a presque entièrement terminé ce travail; nos mines ont encore beaucoup à faire sous ce rapport, surtout les mines du Pas-de-Calais qui sont arrêtées par l'accomplissement de formalités excessivement préjudiciables.

4° Modifications à la loi du 21 avril 1810 relativement au mode de concessions, en vue de rendre plus facile et plus rapide la mise en exploitation des nouvelles concessions.

Ces diverses mesures nous paraissent se combiner parfaitement avec la réduction des droits sur les houilles anglaises que consacre le traité; elles corroborent les résultats avantageux que cette dernière mesure peut procurer au consommateur, et remédient aux inconvénients que, prise isolément, elle présente.

Pour apprécier la portée de ces diverses mesures, nous ne croyons pas pouvoir suivre de meilleur mode de raisonnement que celui adopté par M. Gladstone dans le remarquable exposé financier qu'il a présenté à la chambre des communes le 10 février 1860.

La réduction de droits sur les houilles anglaises porte environ sur 800.000 tonnes et constitue une perte de 1.440.000f,00 pour le trésor; mais elle procure au consommateur un bénéfice égal.

Elle amène sur les 2.600.000 tonnes que la France tire de la Belgique un abaissement de 1f,00 à 1f,50 au

moins par tonne ; c'est nombre rond, 3.000,000f,00 de bénéfice qu'elle procure de ce chef au commerce.

Nous ne parlons pas de la diminution de prix sur les houilles indigènes ; ce que le consommateur gagne, nos mines le perdent ; la balance est égale ; le pays ne gagne point.

La suppression de l'impôt des redevances proportionnelles enlève au trésor environ 500.000f,00 dont le pays profite en entier.

La réduction des droits sur les houilles anglaises a l'inconvénient de diminuer le travail dans une branche d'industrie qui occupe beaucoup d'ouvriers, d'amener une baisse de salaires qui sera de plus ou moins longue durée, et de nuire à l'accroissement de production qui favorise à la fois la hausse des salaires et la diminution des prix de revient et de vente.

Ces inconvénients sont graves ; il importe de favoriser les industries qui donnent beaucoup de travail aux classes ouvrières ; c'est la pensée qu'exprime M. Gladstone quand il propose de supprimer le droit d'accise sur le papier ; son grand argument est le travail que cette mesure procurera dans les campagnes.

« J'ai de plus à vous déclarer, dit-il, que suivant » l'opinion du gouvernement de sa Majesté, le grand » avantage inséparable de ce changement, c'est que » vous allez provoquer de nombreuses demandes de » travail dans les campagnes, que les masses ne seront » pas exclusivement attirées vers les grands centres » industriels et que l'activité des travailleurs se répar- » tira sur tous les points du royaume. »

Nous pouvons dire hardiment que le grand inconvénient de la réduction des droits de douanes est d'écarter pendant un temps plus ou moins long un grand nombre de travailleurs d'une industrie qui les rému-

nère largement, et de les obliger à se tourner vers d'autres industries qui les payeront moins suivant toutes probabilités; ce changement en tout cas ne peut avoir lieu pour eux sans souffrance au moins momentanée.

La suppression des droits de navigation ne remédie pas seulement à cet inconvénient dont il serait puéril de dissimuler la gravité, il a l'avantage encore, combiné avec la réduction de droits sur les houilles anglaises, d'amener un accroissement de production pour nos mines, par suite de provoquer de nouvelles demandes de travail dans les campagnes et par une industrie qui paye bien.

En renonçant aux droits de navigation, le trésor perd sur les voies que nous considérons 2.000.000 à 3.000.000; raisonnons sur ce dernier chiffre, quoique trop fort. Admettons aussi que cette circonstance permette aux mines de Belgique et de France de maintenir leurs prix de $0^f,25$ par tonne plus élevés qu'elles n'auraient pu le faire sans cela.

En ce qui concerne nos mines il y a compensation.

Les consommateurs payeront de plus à la Belgique 700.000 francs; ils payent en moins 3.000.000 sur les canaux; c'est 2.300.000 francs de bénéfice pour eux.

En résumé, le sacrifice que ferait l'État serait de 4.900.000 francs, et le pays gagnerait 7.200.000 fr.; la différence est de 2.300.000 francs; elle serait de 700.000 francs plus forte sans la suppression des tarifs sur les canaux.

Mais ce faible désavantage sera racheté par un accroissement rapide dans la production de nos mines, accroissement qui aura bientôt pour effet de le faire disparaître; et qui contribuera, avec les grandes me-

sures que le gouvernement vient de prendre, à augmenter la production et le travail.

Ces mesures, qu'il nous soit permis d'en apprécier ici la portée, parce qu'elles se lient intimement à notre sujet, n'auront peut-être point pour effet de donner la vie à meilleur marché; peut-être même la rendront-elles plus chère; mais elles auront pour effet, une fois les souffrances et les difficultés inséparables d'une réforme radicale, surmontées, d'augmenter la richesse nationale et de procurer aux masses un travail abondant et lucratif; c'est ce qui a lieu en Angleterre, comme M. Gladstone le constate dans le passage suivant, et, si nous suivons les mêmes errements, c'est ce qui aura lieu en France.

M. Gladstone s'exprime ainsi :

« Je n'hésite pas à dire que c'est une erreur de supposer que le meilleur moyen de soulager les classes ouvrières soit simplement d'opérer sur les objets qu'elles consomment. Si vous voulez leur procurer la plus grande somme de biens, il faut opérer de préférence sur les objets qui leur assurent la plus *grande somme d'ouvrage*. Qu'est-ce qui a le plus changé leur position dans ces dernières années? Ce n'est pas que le législateur a supprimé par-ci par-là un ou deux pence sur quelque objet consommé par les classes ouvrières. Ce n'est pas là ce qui a amélioré leur condition, comme nous l'avons vu dans les dix ou quinze dernières années : c'est d'avoir affranchi le travail; c'est d'en avoir élargi le champ de manière à augmenter les salaires.....

« C'est là le principe d'une saine économie politique applicable à la législation commerciale, et c'est là le principe d'après lequel je vous invite à agir. »

On voit que le ministre anglais attache une impor-

tance capitale à opérer sur les objets qui assurent à la classe ouvrière la plus grande somme d'ouvrage. Or, est-il une industrie qui donne plus de travail que l'industrie houillère? La main-d'œuvre sous ses formes diverses entre pour plus de moitié dans les dépenses; les mesures propres à la développer, quand elles ne constituent aucun privilége préjudiciable à la masse des consommateurs, sont donc éminemment favorables aux classes ouvrières; par conséquent elles atteignent le but que poursuit le gouvernement par ses réformes douanières.

Cela posé, objectera-t-on le petit avantage immédiat qu'en retirent nos houillères? Trouvera-t-on mauvais que celles-ci ne subissent point sur leurs bénéfices une réduction aussi considérable qu'elle le ferait sans ces mesures? Leur reprochera-t-on de ménager la transition? S'il en est ainsi, loin que ce soit un motif pour les écarter, nous croyons que c'est une raison de plus pour les adopter; la transformation qui se prépare ne peut avoir lieu sans souffrance; le devoir comme le désir du gouvernement est de les adoucir autant que possible; c'est ainsi que le comprend M. Gladstone que nous citerons une dernière fois. Lorsqu'il impose des sacrifices au producteur de houblon, il songe à le dédommager par un dégrèvement de droits.

« Mais, comme en supprimant les crédits nous pesons un peu sur le producteur, tandis que nous allons le mettre en concurrence avec les producteurs étrangers du même article, nous demanderons en même temps à la chambre une réduction partielle du droit. »

Nos houillères du département du Nord vont avoir la concurrence des charbons étrangers plus active que jamais? N'est-il pas naturel de leur fournir les moyens de lutter plus facilement? Si l'on ajoute que l'on con-

tribuera par là aussi à augmenter leur production, par suite à amener une diminution sur les prix de revient et les prix de vente, que l'industrie houillère est une de celles qui donne le plus d'ouvrage aux masses, que le bas prix de la houille facilite la production en général, n'y a-t-il pas lieu de penser que le pays trouvera de prompts et larges dédommagements au sacrifice qu'il ferait par l'adoption de mesures que nous avons indiquées? Quant à nous, nous sommes convaincu qu'elles exerceraient une heureuse influence sur le développement de nos houillères en même temps que sur celui de l'industrie du pays, et qu'elles contribueraient pour une part à augmenter le bien-être des travailleurs.

Cependant à elles seules elles ne suffiraient point ou seraient incomplètes ; il faut encore que les exploitants s'attachent à diminuer leurs frais d'exploitation, en même temps qu'à développer leurs ventes par la fabrication du coke, des briquettes et la production des diverses sortes de charbon que demande le commerce ; nous sommes convaincu qu'ils entreront dans cette voie et feront tout ce qui leur sera possible pour sortir avec honneur et avantage des difficultés que leur crée la grande concurrence de l'étranger.

---

# DESCRIPTION

## D'UN NOUVEAU SYSTÈME DE VENTILATEUR A FORCE CENTRIFUGE ET ÉTUDES THÉORIQUES ET EXPÉRIMENTALES SUR CET APPAREIL.

Par M. TOURNAIRE, ingénieur des mines.

Les ventilateurs à force centrifuge sont, comme les turbines hydrauliques, des machines dans lesquelles on met en jeu les réactions réciproques de palettes tournantes et d'un fluide en mouvement. Les effets que l'on se propose de produire sont en quelque sorte inverses; mais le calcul des deux espèces de machines doit reposer sur les mêmes principes d'hydrodynamique.

Les résultats économiques que donnent les uns et les autres de ces appareils diffèrent néanmoins complétement. Les bonnes turbines utilisent, comme l'on sait, environ 70 p. 100 de l'effet absolu du moteur. Les expériences qu'a faites M. Glépin sur un ventilateur aspirant à ailes courbes, servant à l'aérage de la mine de houille du Grand-Hornu et construit d'après les indications théoriques de M. Combes, ont accusé un rendement qui ne s'est élevé que de 27 à 29 p. 100 du travail moteur dépensé; et d'autres ventilateurs de mines, de formes différentes, étudiés par le même observateur, ont donné un rendement moindre (1). On manque d'expériences concluantes et précises sur les ventilateurs

(1) *Traité de l'exploitation des mines*, par M. Combes, chapitre 8.

nère largement, et de les obliger à se tourner vers d'autres industries qui les payeront moins suivant toutes probabilités; ce changement en tout cas ne peut avoir lieu pour eux sans souffrance au moins momentanée.

La suppression des droits de navigation ne remédie pas seulement à cet inconvénient dont il serait puéril de dissimuler la gravité, il a l'avantage encore, combiné avec la réduction de droits sur les houilles anglaises, d'amener un accroissement de production pour nos mines, par suite de provoquer de nouvelles demandes de travail dans les campagnes et par une industrie qui paye bien.

En renonçant aux droits de navigation, le trésor perd sur les voies que nous considérons 2.000.000 à 3.000.000; raisonnons sur ce dernier chiffre, quoique trop fort. Admettons aussi que cette circonstance permette aux mines de Belgique et de France de maintenir leurs prix de 0f,25 par tonne plus élevés qu'elles n'auraient pu le faire sans cela.

En ce qui concerne nos mines il y a compensation.

Les consommateurs payeront de plus à la Belgique 700.000 francs; ils payent en moins 3.000.000 sur les canaux; c'est 2.300.000 francs de bénéfice pour eux.

En résumé, le sacrifice que ferait l'État serait de 4.900.000 francs, et le pays gagnerait 7.200.000 fr.; la différence est de 2.300.000 francs; elle serait de 700.000 francs plus forte sans la suppression des tarifs sur les canaux.

Mais ce faible désavantage sera racheté par un accroissement rapide dans la production de nos mines, accroissement qui aura bientôt pour effet de le faire disparaître; et qui contribuera, avec les grandes me-

couronne qui porte les ailes. La des-
quera plus spécialement à l'appareil
ernier exécuté, qui possède une force de
on beaucoup plus grande, et pour lequel
periences ont été plus rigoureuses et plus com-
les.

Les résultats que je devais m'efforcer d'atteindre, analogues à ceux qu'il faut rechercher dans toutes les machines tournantes à réaction, étaient de rendre aussi petits que possible les chocs et les forces vives emportées par l'air. Je devais encore m'appliquer à rendre minimum l'aspiration préalable, en vertu de laquelle l'air extérieur est appelé vers les ailes, parce que cette aspiration est un effet négatif qui diminue la compression réalisée, et parce qu'elle entraîne des pertes de force motrice proportionnelles à son intensité.

Le ventilateur représenté par les *fig.* 4 et 5 se compose d'une partie mobile et d'une partie fixe. Celle-là consiste en un axe AA, qui reçoit, par le moyen d'une poulie BB et d'une courroie, l'action du moteur, et en un plateau circulaire CC, armé d'une double couronne d'ailes EE, E'E'.

Pour déterminer la forme des ailes, j'ai complétement suivi les règles enseignées par M. Combes, et je leur ai donné sur toute leur longueur une forte inclinaison. Par cette disposition, la vitesse relative de sortie reçoit une direction opposée à celle que la rotation générale imprime à l'extrémité de la couronne et se trouve ainsi employée à diminuer la vitesse absolue conservée par les molécules fluides. D'autre part aussi, les chocs à l'entrée des palettes sont grandement atténués ; car la vitesse d'aspiration, que je dirige suivant des rayons partant du centre, étant dans mes appareils généralement petite par rapport à la vitesse dont les

canaux mobiles sont animés, l'air tend à pénétrer dans l'intérieur de la couronne suivant des directions relatives fort obliques. J'ai adopté pour tracés (voir *fig.* 5) des spirales logarithmiques, qui font avec toute circonférence ayant son centre sur l'axe un angle uniforme de 20 degrés.

Il m'a paru nécessaire de multiplier les ailes pour que le mouvement de l'air soit guidé d'une manière parfaite. J'en ai porté le nombre à 10 ; ce qui, en raison de leur longueur, rend les canaux assez étroits. Cette multiplicité a, il est vrai, un inconvénient réel, celui d'augmenter l'intensité des frottements qui dans les ventilateurs exercent une influence nuisible très-notable. Mais l'inconvénient d'agir sur l'air d'une manière incomplète et de laisser les divers filets fluides prendre des directions différentes et des vitesses inégales m'a paru encore plus essentiel à éviter. J'ai en cela imité la pratique des bons constructeurs de turbines, qui munissent toujours leurs roues d'un très-grand nombre d'aubes.

D'un côté, les ailes sont, par l'intermédiaire d'une feuille de tôle, solidement fixées au plateau, qui a été tourné avec soin; extérieurement, elles sont assemblées dans une autre feuille de tôle annulaire. Ainsi toutes les parois des canaux sont solidaires et participent à la rotation. Si les anneaux extérieurs étaient plans et perpendiculaires à l'axe, les canaux présenteraient à la sortie une section beaucoup plus grande qu'à l'entrée, et il est probable que la régularité du mouvement de l'air y serait contrarié par des remous. Pour empêcher cet effet de se produire, j'ai donné aux disques annulaires une forme conique assez prononcée, de sorte que la hauteur des ailes est moindre à l'extrémité qu'à l'origine. Pourtant je n'ai pas jugé nécessaire

d'établir une compensation complète, et le rapport des orifices de sortie et d'entrée se trouve dans ma construction exprimé par le nombre 1,23. En raison de ce léger évasement, les canaux peuvent être assimilés à des ajutages faiblement divergents, qui dilatent régulièrement la veine fluide, sans empêcher l'écoulement de se faire à gueule-bée.

La partie fixe de la machine comprend deux pavillons FF, F'F' correspondant aux deux couronnes d'ailes, un socle GG qui leur sert de support et sur lequel sont boulonnés les deux pieds H, H', et un double pont II.

Les pavillons jouent un rôle analogue à celui des conduits adducteurs qui amènent et distribuent l'eau aux roues des turbines. Ils sont formés d'un corps cylindrique, offrant à l'air extérieur une ouverture évasée, et d'un fond bombé K, K', venu de fonte avec lui, qui s'y relie par trois cloisons L, L', disposées selon des plans méridiens. Entre ces deux parties, chaque pavillon présente un débouché cylindrique M, M', qui verse à chaque couronne d'ailes l'air aspiré. Le débouché est d'un plus grand diamètre que le corps, auquel il se raccorde par une surface de révolution de profil convenable, et doit présenter une section un peu moindre, afin d'éviter les chocs et les contractions de la masse fluide. Cette dernière condition en limite la hauteur, et par suite celle des aubes mobiles, qui doit être peu différente.

Pour obliger parfaitement l'air à s'écouler suivant des rayons divergeant de l'axe, trente minces feuilles de tôle *nn*, placées dans des plans méridiens, divisent, avec les cloisons, en trente-trois buses injectrices les débouchés des pavillons. Ces feuilles avaient été mises dans le moule avant la coulée et sont prises dans la

fonte. Elles augmentent les surfaces de frottement; mais on verra que le surcroît de résistance qu'elles causent par là est fort peu important, parce que les vitesses d'appel sont relativement faibles; d'un autre côté, elles contribuent à supporter les fonds qui doivent présenter une fixité inébranlable.

C'est par ces mêmes fonds que l'axe est maintenu de chaque côté du plateau mobile. Je leur ai donné, en leurs milieux, une grande épaisseur, et chacun d'eux contient deux demi-douilles en acier *oo*, *o'o'*, offrant une longue portée totale. Entre ces deux demi-douilles a été ménagé un réservoir d'huile, dans lequel tourne une molette *p*, *p'*, fixée sur l'axe. Cette disposition, empruntée aux paliers du système Decoster, a pour effet de répandre l'huile sur les parois du réservoir et de lubrifier constamment l'axe; de petits canaux *qq*, *q'q'* ramènent au milieu des douilles le liquide qui tendrait à sortir extérieurement. Pour que l'on puisse monter ces pièces et les visiter au besoin, la partie antérieure de chaque fond R, R' est rapportée et assemblée à vis. Le double pont, fixé sur le rebord antérieur de l'un des pavillons, porte dans un palier semblable l'extrémité de l'axe qui reçoit la poulie. Il doit être très-résistant et être assez élevé pour ne pas obstruer l'accès de l'air. Le mode de support que j'ai adopté rend les flexions de l'axe impossibles, à cause du rapprochement des paliers renfermés dans les fonds. Aussi ai-je pu imprimer de fort grandes vitesses de rotation à la roue sans produire aucun échauffement.

Il est très-essentiel de restreindre autant que possible le jeu nécessairement laissé entre les débouchés des pavillons et l'origine des ailes; car, en vertu des différences de pression, l'air foulé tend à rentrer par cet intervalle dans les canaux qu'il a déjà parcourus. Les

bords des buses d'aspiration, comme ceux des couronnes, doivent donc être passés au tour, et l'ajustement doit être fait avec précision.

L'épaisseur que les bords des fonds présentent conduit à donner aux orifices d'entrée des canaux mobiles une hauteur qui excède de quelques millimètres celle des buses des pavillons. Il ne faut pas, d'ailleurs, que celles-ci risquent d'être en partie démasquées. Comme la masse d'air qui traverse la couronne est, par suite du retour dont je viens de parler, un peu plus grande que la masse appelée du dehors, ce surcroît de hauteur est rationnel, même au point de vue théorique.

Si je n'avais pas tenu à rendre le système des aubes très-rigide et à me mettre en garde contre toute déformation résultant des forces centrifuges, j'aurais pu arrêter le plateau à peu de distance des orifices d'entrée, et de la sorte avoir une seule couronne d'ailes au lieu d'une couronne double. Cette disposition, qui diminuerait les frottements, serait peut-être préférable si la roue ne devait pas tourner avec une très-grande vitesse.

Pour expérimenter l'effet utile du ventilateur, je l'ai placé dans une grande caisse rectangulaire en bois (*fig.* 8), dont la largeur est égale à la distance qui sépare les bouches extérieures des deux pavillons, et qui a $2^m,70$ de longueur sur $1^m,90$ de hauteur. Chacune des faces latérales de cette caisse présente six orifices d'écoulement *s*, *s*, *s*, qui sont des ouvertures circulaires d'un décimètre de diamètre, pratiquées dans de minces feuilles de tôle. Autour des orifices, le bois a été enlevé sur un plus grand diamètre, afin que l'épaisseur des planches ne réagît point sur les conditions d'écoulement. On peut à volonté les fermer avec des bouchons en bois *t*, *t*, à garnitures de caoutchouc, qu'on

**Installation des expériences.**

appuie au moyen de traverses serrées par des clous à vis. Tous les joints de la caisse, comme tous les interstices qui pouvaient rester entre le bois et la fonte, ont été fermés soigneusement avec des bandes de papier ou de toile. Deux traverses horizontales en bois, appliquées sur les grandes faces latérales et reliées l'une à l'autre par des tirants en fer, s'opposaient aux efforts de disjonction que causait la pression intérieure. Il est superflu de dire que les entrées des pavillons ont été laissées parfaitement libres.

Le mouvement était fourni par une machine à vapeur à cylindre oscillant, et par l'intermédiaire de trois courroies et de six poulies qui avaient pour effet d'accélérer la rotation. La dernière courroie *yy*, celle qui conduisait le ventilateur, était munie d'un rouleau de tension, qu'on faisait agir à volonté. Enfin sur le dernier des axes intermédiaires V était une poulie à gorge *x*, susceptible de recevoir un frein de Prony.

Un manomètre à eau indiquait les pressions qui s'établissaient dans l'intérieur de la caisse. Deux compteurs donnaient les vitesses de rotation de l'axe A et de l'axe V.

Lorsque le ventilateur était en marche, l'air s'élançait au dehors par les orifices circulaires dans des directions tout à fait normales aux parois latérales; et cela démontre que les vitesses de projection conservées par l'air au sortir des aubes et les tourbillonnements s'éteignaient complétement dans l'intérieur de la caisse, car l'effet de ces vitesses aurait été de rendre les jets obliques.

J'ai vérifié d'ailleurs, en déplaçant la prise d'air du manomètre, que sur toute la surface des parois la pression était uniforme.

Les expériences comportaient deux sortes distinctes

d'observations. D'un côté, il fallait déterminer le travail utile que produisait le ventilateur, dans les diverses conditions de vitesse et de débit que l'installation permettait d'obtenir; d'un autre côté, il fallait mesurer le travail moteur fourni par la machine oscillante.

J'ouvrais toujours complétement les robinets d'admission de la vapeur, de sorte que la machine marchait constamment avec la plénitude de sa force.

Le ventilateur tournant, je notais : 1° la différence du niveau de l'eau dans les deux branches du tube manométrique; 2° les nombres de tours effectués en une minute par les axes A et V; 3° la tension de la vapeur dans la chaudière, indiquée par un manomètre métallique du système Bourdon. Je répétais ces observations en faisant varier le nombre des bouches ouvertes.

Avant ou après une série d'épreuves semblables, j'écartais la courroie *yy* et je mettais le frein sur la poulie *z*.

Calcul et résultats des expériences.

Soient Q le volume de l'air que le ventilateur appelait pendant chaque seconde, exprimé en mètres cubes et rapporté à la tension atmosphérique extérieure; P et $P_1$ cette tension et celle qui s'établissait dans la caisse, exprimées en kilogrammes et rapportées au mètre carré. Le travail que je regardais comme utilisé était, ainsi que je l'ai dit, celui que nécessitait théoriquement le déplacement de l'air et la compression $P_1 - P$. On peut l'assimiler au travail théorique d'un piston faisant passer pendant chaque seconde le volume Q dans un réservoir où la tension serait $P_1$. Par conséquent il était exprimé par la formule :

$$Q . P \times \text{log. hyp.} \left(\frac{P_1}{P}\right).$$

Appelons H la hauteur du mercure dans le baromètre et $t$ la température ; comme la pesanteur spécifique du mercure à o degré est 13,596, et que le coefficient de dilatation de ce métal est 0,00018, je calculais P par la formule :

$$\frac{13596 \times H}{(1 + 0{,}00018 \times t)}.$$

La dénivellation de l'eau dans le tube recourbé, mesurée en millimètres, donnait la différence $P_1 - P$.

Quant à l'estimation de Q, je la faisais de la manière suivante. Négligeant les influences hygrométriques, le poids $\delta$ du mètre cube d'air extérieur m'était donné par l'expression

$$\frac{1{,}299 \times H}{0{,}76 \times (1 + 0{,}00367 \times t)},$$

et la hauteur de l'air comprimé qui aurait fait équilibre à l'excès de pression existant dans la caisse aurait été

$$\frac{P}{\delta \,.\, P_1} \times (P_1 - P).$$

Par suite, la vitesse d'écoulement par les orifices, calculée comme s'il s'agissait d'un fluide incompressible, aurait été :

$$\sqrt{\frac{2g}{\delta} \times \frac{P}{P_1} \times (P_1 - P)}.$$

D'un autre côté, chaque bouche a pour section $0^{mq},007854$. Si donc $n$ était le nombre des bouches ouvertes, et si $m$ est un coefficient de contraction convenablement choisi, le volume écoulé, estimé à la pression intérieure $P_1$, était :

$$Q_1 = m \times n \times 0{,}007854 \times \sqrt{\frac{2g}{\delta} \times \frac{P}{P_1} \times (P_1 - P)},$$

et le volume

$$Q = m \times n \times 0{,}007854 \times \sqrt{\frac{2g}{\delta} \times \frac{P_1}{P} \times (P_1 - P)}.$$

La valeur du coefficient *m* a été déterminée par plusieurs expérimentateurs, et les nombres qu'ils ont trouvés ont différé d'une manière notable, selon la pression à laquelle les gaz étaient soumis. M. Poncelet, dans une note insérée dans les comptes rendus de l'Académie (séance du 21 juillet 1845), s'est livré à une discussion approfondie des divers résultats publiés et de ceux qu'il a obtenus lui-même avec M. Pecqueur. Il a posé cette règle : que, dans les calculs relatifs à l'écoulement des gaz, on doit se servir des mêmes formules que s'il s'agissait de fluides parfaitement incompressibles, en employant, comme il faut le faire pour les liquides, des coefficients de contraction décroissant à mesure que les charges augmentent. Pour des orifices en minces parois ces coefficients sont, d'après M. Poncelet, approximativement :

« 0,71 — 0,65 — 0,58 — 0,56 ou 0,55,

» sous des différences de pression équivalentes à

» 0,003 — 0,010 — 0,050 — 1

» fois la pression extérieure. »

Dans mes expériences, le rapport $\frac{P_1 - P}{P}$ a varié de 0,030 à 0,014, et j'ai adopté pour coefficients des nombres compris entre 0,60 et 0,635. Ce sont, comme on voit, à peu près ceux dont on se sert communément pour calculer la dépense d'un liquide.

A la formule logarithmique précédente on peut substituer une autre formule d'un calcul plus rapide, dont les résultats, eu égard aux faibles différences de pression que les ventilateurs sont capables de produire, et au degré d'approximation que comportent les évaluations expérimentales, sont exactement les mêmes.

Si l'on appelle $q$ le volume de la masse foulée en une seconde, estimé à une pression quelconque $p$, la loi de Mariotte donne la relation $q.p =$ constante ; et si l'on regarde $q$ et $p$ (*fig.* 6) comme l'ordonnée et l'abscisse variables d'une courbe rapportée à des axes rectangulaires, on sait que cette courbe est une hyperbole équilatère. On sait aussi que la formule logarithmique représente l'aire de la surface comprise d'une part entre la courbe et l'axe des $x$; d'autre part entre les deux ordonnées $Q_1$ et $Q$, qui correspondent aux abscisses $P_1$ et $P$. Comme ici la différence des abscisses est toujours petite, on peut remplacer le calcul rigoureux de cette aire par celui de l'aire du trapèze que l'on forme en joignant les deux extrémités des ordonnées $Q_1$ et $Q$, et prendre pour mesure du travail effectué l'expression

$$\frac{(Q+Q_1)}{2} \times (P_1 - P).$$

Le tableau suivant donne les résultats de trois séries d'expériences faites avec le ventilateur.

TABLEAU N° 1.

| Hauteur du mercure dans le baromètre. Millimètres. | Température moyenne, degrés centigrades. | Pression atmosphérique, en kilogr., ou valeur de P. | Poids du mètre cube d'air extérieur, en kilog., ou valeur de $\delta$. | Pression de la vapeur dans la chaudière, en atmosphères. | Nombre de bouches d'écoulement de 0m,1 de diamètre ouvertes. | Différences de hauteur de l'eau dans les deux branches du manomètre, en millimètres, ou valeurs de $P_1-P$. | Vitesses d'écoulement de l'air. $\sqrt{\frac{2g}{\delta}\times\frac{P}{P_1}\times(P_1-P)}$. | Coefficients de contraction adoptés. | Volume d'air écoulé pendant chaque seconde, estimé à la pression intérieure $Q_1$. | Volume d'air écoulé pendant chaque seconde, estimé à la pression extérieure Q. | Travail utile en une seconde : $\left(\frac{Q+Q_1}{2}\right)\times(P_1-P)$, ou $Q.P.\log.\text{hyp}.\left(\frac{P_1}{P}\right)$. | Nombre de tours de l'axe A du ventilateur en une minute. | Nombre de tours de l'axe V en une minute. | Rapport des vitesses de rotation observées des deux axes A et V. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kil. | kil. | atmosph. | | millim. | mèt. | | m.c. | m.c. | kilogrammèt. | | | |
| | | | | 4 5/8. . . . . | 4 | 254 | 63,8 | 0,610 | 1,223 | 1,225 | 315 | 1.667 | 355 | 4,70 |
| | | | | 4 2/8. . . . . | 5 | 205 | 57,4 | 0,615 | 1,386 | 1,415 | 287 | 1.500 | » | » |
| 719 (a) | 8 | 9 761 | 1,194 | | 6 | 203 | 57,2 | 0,615 | 1,658 | 1,693 | 341 | 1.538 | 320 | 4,81 |
| | | | | 4 5/8. . . . . | 7 | 189 | 55,2 | 0,620 | 1,882 | 1,918 | 359 | 1.504 | 342 | 4,82 |
| | | | | | 8 | 180 | 53.9 | 0,620 | 2,100 | 2,139 | 382 | 1.472 | 340 | 4,75 |
| | | | | 4 4/8 à 4 5/8 | 2 | 298 | 68,1 | 0,600 | 0,642 | 0,661 | 194 | » | » | » |
| | | | | 4 5/8 à 4 6/8 | 3 | 279 | 65,9 | 0,605 | 0.939 | 0,965 | 266 | 1.714 | 346 | 4,95 |
| | | | | | 4 | 256 | 63.2 | 0,610 | 1,211 | 1,242 | 314 | » | » | » |
| | | | | | 5 | 262 | 63,9 | 0,605 | 1,518 | 1,558 | 403 | 1.708 | » | » |
| | | | | | 6 | 241 | 61,4 | 0,610 | 1,765 | 1,808 | 431 | 1.655 | 334 | 4,96 |
| 727 | 4 | 9,877 | 1.225 | 4 6/8 à 4 7/8 | 7 | 226 | 59,5 | 0,610 | 1,995 | 2,041 | 456 | 1.622 | 328 | 4,95 |
| | | | | | 8 | 210 | 57,4 | 0,615 | 2,218 | 2,265 | 471 | » | » | » |
| | | | | | 9 | 190 | 54,6 | 0,620 | 2,393 | 2.439 | 459 | 1.557 | » | » |
| | | | | | 10 | 164 | 50,9 | 0,620 | 2,479 | 2,522 | 410 | 1.538 | 315 | 4,88 |
| | | | | 4 5/8 à 4 6/8 | 11 | 150 | 48,6 | 0,630 | 2,645 | 2,685 | 400 | 1.524 | 309 | 4,93 |
| | | | | | 12 | 136 | 46,4 | 0,635 | 2,777 | 2,815 | 382 | 1.500 | » | » |
| | | | | 4 6/8. . . . . | 4 | 275 | 67,2 | 0,605 | 1,277 | 1,312 | 356 | » | » | » |
| | | | | | 5 | 253 | 64,5 | 0.610 | 1,545 | 1,584 | 396 | » | » | » |
| | | | | | 6 | 238 | 62,6 | 0,610 | 1,799 | 1,842 | 433 | » | » | » |
| 735 | 22 | 9.953 | 1,162 | 4 6/8 à 4 7/8 | 7 | 220 | 60,3 | 0,610 | 2,022 | 2,067 | 450 | 1.667 | » | » |
| | | | | | 8 | 203 | 58,0 | 0,615 | 2,241 | 2,287 | 460 | 1.622 | 335 | 4,87 |
| | | | | 4 4/8 à 4 5/8 | 10 | 168 | 52,0 | 0,620 | 2,532 | 2,573 | 416 | » | » | » |
| | | | | | 12 | 133 | 47,1 | 0,635 | 2,819 | 2,857 | 377 | 1.519 | 313 | 4,85 |

(a) La ville de Clermont, où les expériences ont été faites, est élevée d'environ 400 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Voici d'autre part les résultats des essais au frein de la machine à vapeur.

TABLEAU N° 2.

| PRESSION DE LA VAPEUR dans la chaudière, en atmosphères. | NOMBRE DE TOURS effectués par l'arbre V en une minute. | TRAVAIL MOTEUR mesuré par le frein de Prony. Kilogrammètres. |
|---|---|---|
| 4 7/8. . . . . . . . . . | 389 | 979 |
| 4 6/8. . . . . . . . . . | 405<br>333 | 880<br>863 |
| 4 5/8 à 4 6/8 . . . . | 304<br>300 | 825<br>814 |
| 4 4/8. . . . . . . . . . | 337 | 769 |

Si nous comparons le travail maximum 979 kilogrammètres au maximum du travail utile obtenu, qui est 471 kilogrammètres, nous trouvons 0,48 pour le rapport d'effet utile correspondant à 8 bouches ouvertes. Si l'on prend pour terme de comparaison un nombre moyen entre le travail moteur qu'a fourni la machine pour une pression de $4^{atm}$. 7/8 et celui qu'elle a fourni pour une pression de $4^{atm}$. 6/8, ce que je regarde comme plus rationnel ; ce nombre sera 925, et l'on aura 0,50 pour le chiffre du rendement. On arrive au même rapport lorsqu'on divise la quantité de travail utile obtenu avec 10 bouches ouvertes, 410 ou 416 kilogrammètres, par la quantité de travail moteur qu'a donnée la machine pour des pressions comprises entre $4^{atm}$. 5/8 et $4^{atm}$. 6/8. Avec 11 et 12 bouches, comme avec 7, le résultat n'est que peu inférieur. Avec 6, on a encore 0,46 ou 0,47. On voit donc que le rendement se maintient très-voisin du maximum dans de larges limites. Pour 4 orifices ouverts, on peut l'évaluer à 0,40 environ. Lorsque le débouché devient moindre, le rendement décroît rapidement. Ainsi, en prenant 800 kilogrammètres pour terme de comparaison, on ne

que 0,33 avec trois orifices, et 0,24 avec

à remarquer que dans ces évaluations
de la dernière courroie est mis à la

série d'expériences, j'ai, de
c un tampon de bois, l'ou-
ortait pas de pont. De la
uvait fonctionner à la ma-
pavillon unique, sauf pourtant
passives et les retours d'air par les
fuite restaient les mêmes que pour un
double. Toujours cette obstruction a produit
diminution de l'effet utile.

| | |
|---|---|
| Ainsi, avec deux bouches d'écoulement, la pression | millimètres. |
| est tombée de. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 298 à 294 |
| Avec trois bouches, de. . . . . . . . . . . . . . . . | 279 à 260 |
| Avec quatre bouches, de. . . . . . . . . . . . . . . | 256 à 232 |
| Avec douze bouches, la chute a été de plus de moitié. | |

Il me reste à exposer le calcul théorique de la nouvelle machine et à en comparer les résultats avec ceux de l'expérience. Ce calcul, par sa marche et par les principes sur lesquels il s'appuie, sera nécessairement fort analogue à celui qu'a développé M. Combes dans son étude des ventilateurs de mine. Calcul th des ef du nou ventila

Je prendrai pour données premières le volume d'air foulé Q et la vitesse de rotation $\omega$; j'aurai à déterminer théoriquement la compression $P_1 - P$ et à trouver l'expression du travail utile et celle du travail moteur.

Soient, outre les notations déjà définies :

$P_0$, la pression, nécessairement moindre que la pression atmosphérique P, qui s'établit à la sortie des pavillons et à l'origine des ailes;

Q, la somme des orifices des buses d'injection des pavillons;

$A_0$, $A_1$, la somme des orifices offerts à l'entrée et à la sortie par les canaux mobiles, mesurés suivant des sections normales à la courbure des ailes;

$i$, la surface des interstices qui existent entre les bords des couronnes et ceux des pavillons, réduite de manière à tenir compte de la contraction de la lame d'air qui la traverse;

$R_0$ et $R_1$, les rayons correspondants à l'origine et à l'extrémité des canaux;

$\psi$ et $\varphi$, les angles que les premiers et les derniers éléments des ailes font avec les circonférences intérieure et extérieure (dans ma construction, ces angles sont tous les deux de 20 degrés, mais, pour la généralité des formules, je préfère leur laisser une dénomination indéterminée);

$v$, la vitesse de l'air au sortir des pavillons;

$u_0$, $u_1$, ses vitesses relatives dans la roue mobile à l'entrée et à la sortie;

W, la vitesse absolue qu'il conserve en quittant les aubes.

Le volume fluide estimé à la pression P, qui traverse les canaux de la roue, est, à cause du retour d'une certaine portion de l'air déjà foulé par l'intervalle de fuite, plus grand que Q. Je l'exprimerai par $(1+\mu).Q$.

Le poids du mètre cube d'air comprimé étant $\frac{\delta . P_1}{P}$, la vitesse qui s'établit à travers l'espace $i$ est

$$\sqrt{\frac{2g . P}{\delta . P_1} \times (P_1 - P_0)},$$

et l'on aurait

$$\mu . Q = i \times \sqrt{\frac{2g . P_1}{\delta . P} \times (P_1 - P_0)}.$$

Mais, comme il est utile de dégager des inconnues $P_1$ et $P_0$ les autres quantités qui entrent dans les formules, et comme d'ailleurs il serait puéril de prétendre ici à une rigueur que l'estimation de l'intervalle $i$ ne comporte nullement, il convient de substituer à cette équation une détermination approchée que l'on puisse fixer *à priori*. Or on obtiendra pour cet objet une très-suffisante approximation en raisonnant comme si l'air était un fluide incompressible, et comme si la différence des pressions était précisément celle qui ferait équilibre à l'action des forces centrifuges. Par suite, on attribuera à cette différence la valeur provisoire

$$\Delta P = \frac{\delta}{2g} \times (\omega^2 . R^2_1 - \omega^2 . R^2_0),$$

et l'on fera

$$\mu Q = i \times \sqrt{\frac{2g \times \Delta P}{\delta}} = i \times \sqrt{\omega^2 . R^2_1 - \omega^2 . R^2_0}.$$

$u_0 = \frac{(1+\mu).Q}{A_0}$, en négligeant la petite dilatation qui accompagne l'appel.

$$u_1 = \frac{(1+\mu).Q_1}{A_1}.$$

Là encore on fixera de suite $u_1$, en remplaçant $Q_1$ par la valeur provisoire $\frac{Q.P}{P+\Delta P}$, qui est suffisamment approchée.

Si l'air sortait à gueule-bée des buses d'injection, la vitesse $v$ serait égale à $\frac{Q}{O}$, en faisant toujours abstrac-

tion de la petite diminution de densité que cause l'aspiration. Mais la mince lame d'air qui arrive par les deux fentes dont la section contractée est $i$ tend à restreindre l'orifice d'écoulement effectif. Par suite, l'expression précédente doit être affectée d'un coefficient plus grand que l'unité, dont les variations doivent surtout dépendre de celles du rapport $\mu$. Je poserai $v = \frac{(1+\lambda\mu).Q}{O}$.

Je supposerai d'ailleurs, dans le calcul, que cette vitesse est commune à la totalité de la masse d'air $\frac{(1+\mu).Q.\delta}{g}$ qui vient se présenter à l'action des ailes.

L'aspiration préalable doit être capable d'imprimer aux molécules fluides la vitesse $v$ et de vaincre les résistances de frottement. (Je regarde comme négligeable l'effet des faibles contractions qui peuvent se produire à l'entrée des pavillons, et à l'entrée des buses injectrices, où les filets d'air sont astreints à changer de direction.)

Soient $\chi'$ la somme des périmètres de l'orifice total O; $l'$, la longueur des plaques qui séparent les buses; $\alpha$, un coefficient qu'on fait égal à 0,0032. La résistance de frottement, calculée comme si partout la section était O, et par suite la vitesse $\frac{Q}{O}$, a pour expression

$$\frac{\delta . \alpha}{g} \times \chi' . l' \times \frac{Q^2}{O^2},$$

et le travail résistant correspondant est pendant chaque seconde

$$\frac{\delta}{g} . \alpha . \chi' . l' \times \frac{Q^3}{O^3}.$$

Ce calcul exagère un peu, il est vrai, l'influence du frottement dans les buses, parce que la section à l'ori-

gine est un peu plus grande que O; mais par là on tient en quelque façon compte des frottements qui s'exercent sur les parois cylindriques et sur les fonds convexes des pavillons.

Quant au travail de l'aspiration préalable, je le représente par la formule Q.P. log. hyp. $\left(\frac{P}{P_0}\right)$. Rigoureusement cela supposerait que l'air en mouvement obéit à la loi de Mariotte, ce qui n'est pas d'une parfaite exactitude; mais l'on sait que pour de faibles différences de pression la formule logarithmique donne des résultats à très-peu près identiques à ceux que l'on obtiendrait en supposant le fluide incompressible, ou en admettant toute autre hypothèse intermédiaire.

Nous aurons donc :

$$(1)\quad Q.P \times \log.\,\text{hyp.}\left(\frac{P}{P_0}\right) = \frac{Q.\delta}{2g} \times \left(v^2 + \frac{2\alpha.\chi'.l'}{O} \times \frac{Q^2}{O^2}\right),$$

équation qui peut servir à déterminer $P_0$.

Pour obtenir la valeur de $P_1$, il faut regarder le mouvement relatif de l'air dans la roue mobile.

Les molécules fluides en se présentant à l'action des ailes sont animées, comme il a été dit, de la vitesse absolue $v$, dirigée suivant des rayons, et par suite de la vitesse relative

$$\sqrt{v^2 + \omega^2 . R^2_0}.$$

Cette vitesse relative (*fig.* 2) fait avec la circonférence intérieure de rayon $R_0$ un angle $\varepsilon$, donné par l'équation

$$\cos\varepsilon = \frac{\omega . R_0}{\sqrt{v^2 + \omega^2 . R^2_0}}.$$

Comme cet angle est généralement différent de $\psi$, un premier choc se produit à l'entrée contre la surface des

ailes, lequel occasionne pendant chaque seconde une perte de force vive exprimée par

$$\frac{(1+\mu).Q.\delta}{g}\times(v^2+\omega^2.R^2_0)\times\sin^2(\psi-\varepsilon).$$

Il reste une vitesse relative tangentielle

$$\sqrt{v^2+\omega^2.R^2_0}\times\cos(\psi-\varepsilon);$$

mais cette vitesse est encore obligée de se changer brusquement en la vitesse $u_0$, qui est déterminée par la section des canaux. De là une seconde perte de force vive, en général plus importante que la première,

$$\frac{(1+\mu).Q.\delta}{g}\times\left[\sqrt{v^2+\omega^2.R^2_0}.\cos(\psi-\varepsilon)-u_0\right]^2.$$

J'évaluerai le travail résistant des frottements comme si les canaux avaient une section uniforme $\left(\frac{A_0+A_1}{2}\right)$, comme si la vitesse y était aussi partout $\left(\frac{u_0+u_1}{2}\right)$, et que l'air y eût une densité constante, correspondante à un poids de $\delta$ kilogrammes par mètre cube. J'appelle $\chi$ le périmètre applicable à la section moyenne, et $l$ la longueur des ailes. L'évaluation sera donc

$$\frac{\delta}{g}\times\alpha.\chi.l\times\overline{\left(\frac{u_0+u_1}{2}\right)}^3=(1+\mu)\times\frac{Q.\delta}{g}\times\frac{\alpha.\chi.l}{\left(\frac{A_0+A_1}{2}\right)}\times\overline{\left(\frac{u_0+u_1}{2}\right)}^2.$$

L'effet de la compression équivaut dans le mouvement relatif à un travail résistant, qui, en adoptant la formule logarithmique, est

$$(1+\mu).Q.P\times\text{log. hyp.}\left(\frac{P_1}{P_0}\right).$$

Enfin il faut tenir compte de la force centrifuge, dont l'action équivaut à un travail moteur

$$(1+\mu)\cdot\frac{Q\cdot\delta}{2g}\times(\omega^2\cdot R^2_1-\omega^2\cdot R^2_0);$$

et du changement éprouvé par la vitesse relative, qui a passé de

$$\sqrt{v^2+\omega^2\cdot R^2_0} \text{ à } u_1;$$

ce qui représente une diminution définitive de force vive,

$$\frac{(1+\mu)\cdot Q\cdot\delta}{g}\times(v^2+\omega^2\cdot R_0^2-u_1^2).$$

Supprimant le facteur commun $(1+\mu)$, et remarquant qu'un terme $\frac{Q\cdot\delta}{2g}\cdot\omega^2, R_0^2$, se trouve entrer dans le second membre, une fois avec le signe —, une fois avec le signe +, et par conséquent s'annule, on a en somme :

$$(2)\quad Q\cdot P\cdot\text{log. hyp.}\left(\frac{P_1}{P_0}\right)=\frac{Q\cdot\delta}{2g}\times\Big[\omega^2\cdot R_1^2+v^2-u_1^2-(v^2+\omega^2\cdot R_0^2)\cdot\sin^2(\psi-\varepsilon)-\left(\sqrt{v^2+\omega^2\cdot R_0^2}\times\cos(\psi-\varepsilon)-u_0\right)^2-\frac{2a\cdot\chi\cdot l}{\left(\frac{A_0+A_1}{2}\right)}\times\left(\frac{u_0+u_1}{2}\right)^2\Big].$$

Il est très-facile d'éliminer $P_0$ entre les équations (1) et (2). On obtient ainsi et la valeur de la compression $P_1-P$ et le travail utile $Tu$.

$$(3)\quad\begin{cases} Tu=Q\cdot P\cdot\text{log. hyp.}\left(\frac{P_1}{P}\right)=\frac{Q\cdot\delta}{2g}\times \\ \Big[\omega^2\cdot R_1^2-u_1^2-(v^2+\omega^2\cdot R_0^2)\cdot\sin^2(\psi-\varepsilon)- \\ \left(\sqrt{v^2+\omega^2\cdot R_0^2}\times\cos(\psi-\varepsilon)-u_0\right)^2-\frac{2a\cdot\chi\cdot l}{\left(\frac{A_0+A_1}{2}\right)}\times \\ \left(\frac{u_0+u_1}{2}\right)^2-\frac{2a\cdot\chi'\cdot l'}{O}\times\frac{Q^2}{O^2}\Big]. \end{cases}$$

Quant au travail moteur transmis par les ailes, que j'appellerai T, il se compose :

1° Du travail nécessaire pour augmenter pendant chaque seconde de $P_1 - P_0$ la tension d'une masse d'air $\frac{(1+\mu).Q.\delta}{g}$, lequel est donné par le second membre de l'équation (2) multiplié par $(1+\mu)$ ;

2° De celui qui correspond à l'augmentation de la vitesse absolue, qui de $v$ passe à W ; or

$$W = \sqrt{\omega^2 . R_1^2 + u_1^2 - 2 . \omega . R_1 . u_1 \cos\varphi},$$

et la demi-force vive acquise est pour chaque seconde

$$\frac{(1+\mu).Q.\delta}{2g} \times (\omega^2 . R_1^2 + u_1^2 - 2\omega . R_1 . u_1 . \cos\varphi - v^2);$$

3° Enfin il doit compenser les pertes de force vive et la résistance des frottements dans les canaux mobiles, effets nuisibles qui ont été évalués plus haut.

Toutes réductions faites, il vient :

$$(4) \qquad T = \frac{(1+\mu).Q.\delta}{g} \times \omega . R_1 . (\omega . R_1 - u_1 \cos\varphi).$$

Le travail que doit fournir la machine motrice doit vaincre, en outre, certaines résistances passives dont il n'a pas été tenu compte, telles que les frottements de axes dans les douilles et coussinets, les frottements de la roue tournante dans l'air ambiant, la roideur des courroies de transmission.

(5) Le rapport $\frac{T_u}{T} =$

$$= \frac{\left\{ \begin{array}{l} \omega^2 . R_1^2 - u_1^2 - (v^2 + \omega^2 . R_0^2) . \sin^2(\psi - \varepsilon) - \left[\sqrt{v^2 + \omega^2 . R_0^2} \times \cos(\psi - \varepsilon)\right. \\ \qquad - \frac{2\alpha . \chi . l}{\left(\frac{A_0 + A_1}{2}\right)} \times \left(\frac{u_0 + u_1}{2}\right) - \frac{2\alpha . \chi' . l'}{o} \times \frac{Q^2}{o^2} \end{array} \right.}{(1+\mu) \times 2\omega . R_1 \times (\omega . R_1 - u_1 . \cos\varphi).}$$

Le tableau n° 3 donne les résultats de ces calculs, effectués pour les expériences de la deuxième série (voir tableau n° 1).

Les quantités fixes qui entrent dans les formules ont, d'après la construction, les valeurs suivantes :

$R_1 = 0^m,425$, $R_0 = 0^m,24$,

$O = 0^{m^2},1781$, $A_0 = 0^{m^2},0675$, $A_1 = 0^{m^2},0830$.

$\psi = \varphi =$ arc de 20 degrés.

$\chi' . l' = 2^{m^2},086$, $\chi . l = 2^{m^2},741$.

J'ai fait, en outre, $i = 0^{m^2},002$ ; ce qui revient à peu près à admettre pour les interstices de fuite contractés une largeur de $0^m,0007$. Enfin j'ai supposé $\lambda = 3$.

TABLEAU N° 3. — *Résultats du calcul théorique.*

| VOLUME d'air aspiré pendant chaque seconde. | NOMBRE de tours effectués par le ventilateur en une minute (1). | VITESSE de la roue à la circonférence extérieure $\omega . R_1$. | ÉVALUATION de la quantité d'air qui traverse les interstices de fuite $\mu$ Q. | ASPIRATION préalable $P - P_0$. | COMPRESSION. $P_1 - P$. | TRAVAIL utile $T_u$. | VITESSE absolue de l'air à la sortie des ailes W. | TRAVAIL moteur transmis par les ailes T. | RAPPORT du travail utile au travail moteur $\frac{T_u}{T}$. | PROPORTION du travail moteur absorbé par les frottements dans les canaux mobiles. | dans les pavillons. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m. c. | | m. | m. c. | millim. | millim. | k.m. | m. | k.m. | | | |
| 0,661 | 1.775 | 79,0 | 0,130 | 2 | 317 | 206 | 70,4 | 549 | 0,375 | 0,002 | 0,0001 |
| 0,965 | 1.714 | 76,3 | 0,126 | 4 | 306 | 291 | 64,4 | 655 | 0,444 | 0,005 | 0,0002 |
| 1,242 | 1.640 | 73,0 | 0,121 | 5 | 285 | 349 | 58,2 | 721 | 0,484 | 0,008 | 0,0004 |
| 1,558 | 1.708 | 76,0 | 0,125 | 8 | 309 | 474 | 57,8 | 917 | 0,517 | 0,012 | 0,0006 |
| 1,808 | 1.655 | 73,7 | 0,122 | 10 | 287 | 512 | 52,9 | 930 | 0,551 | 0,019 | 0,0010 |
| 2,041 | 1.622 | 72,2 | 0,119 | 12 | 269 | 541 | 48,1 | 941 | 0,575 | 0,026 | 0,0013 |
| 2,265 | 1.600 | 71,2 | 0,118 | 14 | 251 | 563 | 45,8 | 949 | 0,593 | 0,036 | 0,0019 |
| 2,439 | 1.557 | 69,3 | 0,114 | 16 | 227 | 547 | 42,3 | 906 | 0,604 | 0,045 | 0,0024 |
| 2,522 | 1.538 | 68,4 | 0,113 | 17 | 214 | 535 | 40,6 | 885 | 0,605 | 0,051 | 0,0027 |
| 2,685 | 1.524 | 67,8 | 0,112 | 19 | 199 | 530 | 38,5 | 871 | 0,608 | 0,062 | 0,0033 |
| 2,815 | 1.500 | 66,8 | 0,110 | 21 | 181 | 505 | 36,3 | 837 | 0,603 | 0,074 | 0,0039 |

(1) Les nombres correspondants aux 1re, 3e et 7e lignes horizontales n'avaient pas été directement mesurés dans les expériences et ont été déduits par interpolation.

Les deux dernières colonnes expriment les valeurs des rapports

$$\frac{\frac{2\alpha \cdot \chi \cdot l}{\left(\frac{A_0 + A_1}{2}\right)} \times \left(\frac{u_0 + u_1}{2}\right)^2}{(1 + \mu) \times 2\omega \cdot R_1 \times (\omega R_1 - u_1 \cdot \cos\varphi)}$$

et

$$\frac{\frac{2\alpha \cdot \chi' \cdot l'}{O} \times \frac{Q^2}{\Omega^2}}{(1 + \mu) \times 2\omega \cdot R_1 \times (\omega \cdot R_1 - u_1 \cdot \cos\varphi)}.$$

Elles confirment ce qui a été dit du peu d'importance des frottements dans les pavillons, et montrent que l'influence des frottements dans la couronne des ailes est au contraire très-sensible lorsque le débit est considérable.

Si l'on compare ces résultats à ceux des expériences, on voit que les compressions réellement obtenues sont inférieures aux compressions calculées; les rapports des quantités $P_1 - P$, puisées dans les tableaux n° 1 et n° 3, varient entre 0,940 et 0,754, étant d'autant plus faibles que le volume d'air aspiré est plus grand. La divergence me paraît surtout devoir être attribuée à ce que les ailes n'exercent point dès leur origine leur pleine action sur toute la masse d'air qui afflue des pavillons, le changement de régime qui s'opère dans l'écoulement de cette masse lorsqu'elle passe des buses injectrices aux canaux mobiles ne pouvant pas être absolument instantané pour tous les filets fluides, comme le supposerait le calcul.

Comparaison des résultats du calcul et de ceux des expériences.

Il est intéressant de remarquer que, sauf pour la onzième ligne horizontale, les quantités $P_1 - P$ du dernier tableau sont plus grandes que les compressions théoriquement équivalentes à l'action de la force cen-

trifuge, lesquelles seraient à très-peu près données par l'expression $\Delta P$ établie plus haut. Cette remarque s'applique même encore aux résultats que le manomètre à eau a accusés dans les essais tant que le nombre des bouches d'écoulement ouvertes n'a pas dépassé 7.

Les rapports $\frac{T_u}{T}$ excèdent de 0,10 à 0,08, et même de 0,13 et 0,11 pour les deux premières lignes horizontales, les rapports du travail utile au travail moteur déduit des expériences. Ces différences rentrent dans la limite des écarts auxquels on pouvait s'attendre rationnellement ; car les pertes d'action et les irrégularités de mouvement dont le calcul a fait abstraction les expliquent d'une manière suffisante. Ainsi considérons seulement les résistances engendrées par le frottement de l'axe du ventilateur dans les douilles et par le frottement des parois extérieures de la roue mobile dans l'air environnant, et pour prendre un exemple reportons-nous à la vitesse de 1600 tours par minute ou à la septième ligne du tableau.

La partie tournante du ventilateur pesant environ 100 kilogrammes, l'axe ayant $0^m,04$ de diamètre, et le coefficient de frottement pouvant être pris égal à 0,055, les résistances de la première espèce devaient produire un travail nuisible de 18 à 19 kilogrammètres, soit de 2 pour 100 du travail calculé T.

L'évaluation exacte de celles de la seconde espèce serait impossible *à priori*, mais elles doivent avoir plus d'importance. Si l'on pouvait regarder la roue comme placée dans un milieu entièrement immobile, leur travail nuisible s'exprimerait, pour chaque élément annulaire de rayon $r$ et de surface $4\varpi.r.dr$ que présentent les deux faces du plateau et de la couronne par la formule approximative $\frac{\delta}{g}\,\alpha \times 4\varpi \times r.dr \times \omega^3.r^3$, dont

l'intégrale serait $\frac{4}{5} \cdot \frac{\delta}{g} \cdot \alpha . \omega^3 . \varpi . R_1^5$. Dans le cas actuel la valeur de cette expression serait 65 kilogrammètres.

L'hypothèse du milieu immobile est, il est vrai, probablement exagérée. Mais, d'un autre côté, la raideur et la tension de la courroie de transmission, les vibrations qui accompagnent les mouvements rapides, les forces centrifuges qui se développent dans les pièces tournantes dont le centre de gravité ne coïncide pas parfaitement avec l'axe de rotation sont encore autant d'effets négatifs.

**Extension du calcul précédent aux ventilateurs ordinaires.**

Le type de calcul qui vient d'être développé peut être appliqué à tous les ventilateurs à force centrifuge, si l'on consent à admettre, comme l'ont fait la plupart des auteurs dans les études théoriques de ces machines, les deux hypothèses suivantes : premièrement que sur toute la largeur des ailes les molécules fluides également éloignées de l'axe central de rotation sont animées des mêmes vitesses ; deuxièmement que l'air arrive aux ailes dans la direction de rayons partant de cet axe.

Les termes qui dans le rapport $\frac{T_u}{T}$ représenteront l'action des frottements n'auront pas en général une forme identique à celle des deux derniers termes du numérateur de l'équation (5). Mais, sans nous préoccuper de leurs expressions dans les différents cas, nous pourrons les représenter par les notations $-f^2$ et $-f'^2$. Généralement l'aspiration de l'air est accompagnée de contractions qui occasionnent de grandes pertes de force vive et la différence entre les vitesses relatives $u_0$ et $u_1$ est trop considérable pour que le passage de l'une à l'autre puisse se faire sans chocs. Afin de tenir compte de ces deux effets nuisibles, il faudra introduire au numéra-

teur du rapport deux nouveaux termes $-y^2$ et $-z^2$.

De la sorte $\frac{T_u}{T}$ aura la forme

$$\frac{\omega^2 . R_1^2 - u_1^2 - (v^2 + \omega^2 . R_0^2) . \sin^2(\psi - \varepsilon) - \left[\sqrt{v^2 + \omega^2 . R_0^2} \times \cos(\psi - \varepsilon) - u_2\right]^2 - y^2 - z^2 - f^2 - f'^2}{(1 + \mu) . 2\omega . R_1 \times (\omega . R_1 - u_1 . \cos\varphi)}.$$

Appliquons cette expression aux appareils les plus simples, à ceux dont les ailes sont des surfaces planes qui prolongées contiendraient l'axe de rotation. Alors les angles $\psi$ et $\varphi$ mesureront 90° et remplaçant cos $\varepsilon$ et sin $\varepsilon$ par leurs valeurs en fonction de $v$ et de $\omega R_0$, on aura

$$\frac{T_u}{T} = \frac{(\omega^2 . R_1^2 - \omega^2 . R_0^2 - u_1^2 - \overline{(v - u_0)}^2 - y^2 - z^2 - f^2 - f'^2)}{(1 + \mu) . 2\omega^2 . R_1^2}.$$

Si le numérateur pouvait se réduire au premier terme et si l'on pouvait regarder la quantité $\mu$ comme nulle, ce rapport n'excéderait pas 0,5. Mais, en réalité, sa valeur maxima sera très-inférieure à ce chiffre. Cherchons en effet seulement à évaluer quelle est l'influence du premier terme négatif $-\omega^2 . R_0^2$. Il faut remarquer d'abord qu'il ne convient pas de rendre $R_0$ trop petit; car, en restreignant le diamètre des bouches d'aspiration, on augmenterait la vitesse avec laquelle l'air arrive aux ailes et par suite les quantités nuisibles $y^2, \overline{(v - u_0)}^2$. La valeur moyenne de $R_0$ que l'expérience a fait adopter ne serait pas éloignée de $\frac{R_1}{2}$, et, si l'on admet que telle soit exactement la relation qui existe entre les grandeurs des rayons intérieur et extérieur, le rapport théorique sera nécessairement moindre que la fraction

$$\frac{1 - \frac{1}{4}}{2} = 0,375.$$

Dans beaucoup de ventilateurs d'ateliers, les ailes, tantôt courbes, tantôt planes, ont une portion ou la totalité de leur surface inclinée sur les plans diamétraux, de sorte que l'application des formules donnerait une proportion d'effet utile plus élevée que pour le type précédent. Comme cependant l'inclinaison des palettes est généralement faible et qu'aucune précaution n'est prise pour réduire la contraction de l'air à l'entrée, ces appareils, même au point de vue théorique, se rapprochent beaucoup plus des ventilateurs à ailes planes et diamétrales que de celui que j'ai décrit. En outre, les déviations des filets fluides et les remous par lesquels ces filets tendent à revenir vers les espaces où la pression est moindre doivent s'exercer plus librement, à cause du nombre insuffisant des ailes et du jeu souvent assez grand laissé entre les organes mobiles et les enveloppes. Ces considérations confirment ce qui a été dit au commencement du médiocre rendement des ventilateurs ordinaires.

**Des enveloppes qu'il convient d'adapter au nouveau ventilateur.**

Lorsqu'on voudra employer comme machine soufflante l'appareil représenté dans les figures 4 et 5 (1), on substituera à la caisse en bois une simple enveloppe cylindrique en tôle, adaptée hermétiquement aux parois externes des pavillons, qui renfermera la double couronne mobile et débouchera dans la conduite de l'atelier. Cette enveloppe ne présentera aucune dispo[illegible] t[illegible]-particulière. Il importera qu'elle n'emboîte [illegible] roue d'une manière étroite, mais qu'elle offre [illegible] de largeur pour que l'air foulé par les aubes puisse

(1) Cet appareil doit prochainement être installé à Clermont-Ferrand, dans les ateliers de MM. Barbier et Daubrée, et l'on s'en est servi provisoirement et avec un avantage marqué pour donner le vent à un cubilot, en mettant la caisse en communication avec une conduite générale.

s'écouler librement sur tout leur pourtour. Sa section annulaire ne devra point cependant être plus grande que la section de la conduite. Les enveloppes excentriques, dont on a fait souvent usage et qui ont donné de bons résultats, s'appliqueront fort bien aux ventilateurs nouveaux.

ventilateur à lon unique.

Les figures 6 et 7 suffisent pour faire comprendre l'appareil simple, sans qu'une description nouvelle soit nécessaire.

Je l'avais placé, afin d'en pouvoir mesurer l'effet utile, dans un tambour en tôle de forme cylindrique, qui est représenté dans les dessins. Sur le fond du tambour étaient deux ouvertures rectangulaires dont on réglait la hauteur au moyen de deux plaques à coulisses. Je mesurais donc aisément la section des orifices d'écoulement, en même temps qu'un manomètre à eau donnait la pression. L'axe du plateau mobile ne portait pas de poulie à son extrémité, mais recevait, par l'intermédiaire d'une fourchette et d'un toc, le mouvement d'un petit axe supplémentaire, placé sur la même ligne et maintenu par deux paliers. Sur celui-ci agissait la courroie d'une machine locomobile de la force nominale d'un cheval. Après avoir fait marcher le ventilateur, je le débrayais et j'adaptais un frein de Prony au petit axe.

Deux causes ont rendu ces expériences moins [illegible] cises et moins concluantes que celles dont j'ai e[illegible] en détail les résultats. 1° Il était malaisé de maint[illegible] le frein en équilibre, à cause de la grande vitesse de rotation de la poulie qui le portait. 2° Un mouvement général de gyration s'établissait dans le tambour, et les jets, au lieu d'être normaux aux orifices, affectaient des directions obliques. Cette dernière circonstance pouvait

jeter de l'incertitude sur le calcul de la dépense, établi comme je l'ai expliqué plus haut.

Voici d'ailleurs les nombres qui correspondaient à peu près au maximum d'effet.

La pression de la vapeur étant montée de 5 atmosphères et demi à 6 atmosphères, la locomobile a fourni un [illegible]vail d'environ 105 kilogrammètres par seconde. Dans les [illegible]es conditions de pression et de vitesse, les deux portes d[illegible]mbour offrant un orifice total de $0^{mq}.0360$, la tensio[illegible]e l'air produite par le ventilateur faisait moyenneme[illegible] équilibre à une charge d'eau de 60 millimètres. E[illegible]prenant 0,68 pour coefficient de contraction, 1 kilo[illegible]mme, 2 pour le poids du mètre cube d'air et en e[illegible]yant pour évaluer le débit les formules préc[illegible]ment posées, on trouverait que le volume d'air c[illegible]imé en chaque seconde était $0^{mc},772$, et le travail [illegible]le effectué 46 kilogrammètres, ce qui donnait un rendement de 44 p. 100.

Je dois en terminant témoigner de vifs remerciements à MM. Barbier et Daubrée, fabricants de machines à Clermont. Ils m'ont aidé dans la construction de mes appareils et c'est grâce à leur grande obligeance et à [illegible]ur concours que mes expériences ont pu être exé[illegible]tées.

---

# MÉMOIRE

SUR

## LA DISTRIBUTION DE LA VAPEUR DANS LES MACHINES OSCILLANTES.

Par M. H. RESAL, ingénieur des mines.

Il y a quelques années, en 1856, si je ne me trompe, j'ai observé sur l'un des bateaux à vapeur qui font le service de Genève à Villeneuve, une machine oscillante sortant, je crois, des ateliers de MM. Escher de Zurich, et présentant un système particulier d'organes pour la distribution de la vapeur. Je supposais que cette disposition était connue : mais depuis cette époque plusieurs ingénieurs et constructeurs, très au courant des progrès des mécanismes, m'ayant déclaré n'en avoir aucune connaissance, j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile d'étudier cette question avec tous les détails qu'elle comporte.

Avant d'aborder ce sujet, il est nécessaire que j'indique en peu de mots les propriétés géométriques du mouvement des machines à cylindre oscillant.

1. *Relations entre les différents éléments du mouvement d'une machine oscillante.*

Nous supposerons toutes les pièces réduites à leurs axes de figure et projetées sur un plan perpendiculaire à l'arbre moteur. Soient (Pl. II, *fig.* 1), C, O les traces des axes de rotation de l'arbre moteur et du cylindre sur le plan de projection :

$a = OC$ la distance de deux axes;

$r = AC$ la longueur du coude de l'arbre dans le sens perpendiculaire à l'axe de rotation.

$\theta = \widehat{ACO}$, $\beta = \widehat{AOC}$, les angles formés par la verticale du point C, respectivement avec CA et la direction AO de la tige du piston.

$\lambda = \frac{a}{r}$.

$\omega = \frac{d\theta}{dt}$ la vitesse angulaire de l'arbre, dont le sens est supposé de la gauche vers la droite.

$\omega = \frac{d\beta}{dt}$ la vitesse angulaire oscillatoire du cylindre.

$V =$ la vitesse du piston dans le cylindre.

Le rapport $\lambda$ est au plus égal à $\frac{1}{3}$ dans les machines dont les tourillons se trouvent à la partie inférieure du cylindre, comme cela a lieu le plus ordinairement.

Il est clair que le centre instantané de la tige du piston est situé au point d'intersection S du prolongement de CA et de la perpendiculaire en O à la droite AO. La vitesse du point A étant $\omega . AC$, la vitesse instantanée autour de S est $\omega . \frac{CA}{AS}$, et la vitesse du piston

$$V = \omega . \frac{AC . OS}{AS},$$

ou en abaissant la perpendiculaire CK du point C sur la direction de OA,

$$V = \omega . CK = \omega a \sin \beta.$$

Ainsi une construction géométrique simple permet d'obtenir, pour chaque position, la vitesse correspondante du piston, et l'on voit que cette vitesse est proportionnelle au sinus de l'angle périodique que forme la tige du piston avec la verticale.

En transportant la rotation $\omega . \frac{AC}{AS}$ autour de S, parallèlement à elle-même au point O, on obtient la rotation du cylindre ; il vient donc

$$\frac{d\beta}{dt} = \omega' = \omega . \frac{AC}{AS} = \omega . \frac{AK}{AO},$$

ce qui exprime une propriété qu'il est facile d'énoncer en langage ordinaire.

Le chemin parcouru par le piston, depuis le point le plus bas de sa course, est exprimé par

$$\zeta = AO - OC + CA,$$

ou en remarquant que

$$AO = a\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda\cos\theta},$$

$$\zeta = a\left(\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda\cos\theta} - 1 + \lambda\right).$$

Si l'on développe le radical en série ordonnée suivant les puissances ascendantes de $\lambda$, et que l'on s'arrête aux termes du quatrième ordre, ce qui donne une approximation suffisante, même dans le cas de $\lambda = \frac{1}{5}$, on obtient,

$$\zeta = a\lambda\left[1 - \cos\theta + \frac{\lambda}{2}\sin^2\theta + \frac{\lambda^2}{2}\cos\theta\sin^2\theta - \frac{\lambda^3}{4} \times \left(\frac{1}{2} + \frac{5}{2}\cos^4\theta - 3\cos^2\theta\right)\right],$$

mais il sera plus simple, si l'on veut trouver la loi de la marche du piston, de construire une courbe ayant

pour abscisses les arcs décrits autour du point C par le point A, et pour ordonnées les chemins correspondants parcourus par le piston et mesurés géométriquement sur la figure, pour un certain nombre de valeurs de l'abscisse, suffisamment rapprochées.

Lorsque le piston sera à moitié de sa course, AO sera égal à CO, et le triangle isocèle ACO donnera

$$\cos\theta = \frac{\sin\beta}{2} = \frac{r}{2a} = \frac{\lambda}{2}.$$

La valeur de $\theta$ fournie par cette équation sera généralement voisine de 90°, puisque pour la limite maximum $\lambda = \frac{1}{3}$, on trouve $\theta = 80°$ environ. Ainsi en général, on pourra sans erreur bien appréciable, supposer que le piston se trouve à moitié de sa course, lorsque, à partir de l'une de ses positions extrêmes, l'arbre moteur a décrit un quart de circonférence. Quant au maximum de l'angle $\beta$, il sera donné par la formule

$$\sin\beta = \cos\theta = \lambda.$$

Si maintenant on veut trouver $\beta$ en fonction de $\theta$, on remarquera que le triangle AOC donne

$$\frac{\sin(\theta+\beta)}{\sin\beta} = \frac{1}{\lambda},$$

d'où

$$\operatorname{tang}\beta = \frac{\lambda\sin\theta}{1-\lambda\cos\theta},$$

$$\sin\beta = \frac{\lambda\sin\theta}{\sqrt{1+\lambda^2-2\lambda\cos\theta}},$$

$$\cos\beta = \frac{1-\lambda\cos\theta}{\sqrt{1+\lambda^2-2\lambda\cos\theta}}.$$

Enfin en développant en séries et s'arrêtant à la quatrième puissance de $\lambda$, on trouve :

$$\tang \beta = \lambda \sin \theta \,(1 + \lambda \cos \theta + \lambda^2 \cos^2 \theta + \lambda^3 \cos^3 \theta),$$

$$\sin \beta = \lambda \sin \theta \left[ 1 + \lambda \cos \theta + \frac{\lambda^2}{2} (3 \cos^2 \theta - 1) + \right.$$
$$\left. + \frac{\lambda^3}{2} \cos \theta \,(5 \cos^2 \theta - 3) \right],$$

$$\cos \beta = 1 - \frac{\lambda^2}{2} \sin^2 \theta - \lambda^3 \cos \theta \sin^2 \theta +$$
$$+ \frac{\lambda^4}{8} (3 - 18 \cos^2 \theta + 15 \cos^4 \theta).$$

2. *Description du mode de distribution de la vapeur.*

Dans la machine citée plus haut (fig. 4, 5), la distribution de la vapeur s'opère à l'aide de deux tiroirs symétriquement situés sur la surface latérale du cylindre, par rapport au plan perpendiculaire au plan d'oscillation passant par l'axe de figure de la surface, et qui se déplacent parallèlement à cet axe.

L'extrémité de la tige de chaque tiroir est articulée à l'une de ses extrémités d'un levier mobile autour d'un tourillon fixé au cylindre parallèlement à l'arbre moteur ; l'autre extrémité est terminée par un coulisseau qui s'engage dans une coulisse perpendiculaire à l'arbre, maintenue latéralement par deux guides verticaux, et à laquelle un excentrique monté sur le même arbre, imprime un mouvement de translation alternatif. La goupille d'articulation de chaque levier avec la tige du tiroir correspondant, est nécessairement parallèle au tourillon du levier ; et le bras de levier de cette articulation, ou sa distance au tourillon, doit être censée horizontale lorsque le cylindre prend la position verticale.

Pour éviter les flexions de la tige de chaque tiroir, dues à la courbure de l'arc décrit par l'extrémité du levier, on devra, ou se servir d'une petite bielle intermédiaire, ou allonger un peu l'œil de la tige, dans le sens perpendiculaire à la goupille d'articulation. Néan-

moins il conviendra de limiter les arcs décrits à un nombre restreint de degrés.

Les tiroirs correspondent respectivement à l'une et l'autre face du piston ; il y a ainsi deux lumières d'admission et deux lumières d'échappement. Si l'on emploie deux tiroirs au lieu d'un seul qui serait suffisant, c'est en vue de réduire la longueur des conduites reliant les lumières au cylindre, et par suite l'espace nuisible.

Nous verrons plus loin comment il convient de disposer les lumières d'introduction par rapport aux lumières d'échappement.

D'après cette description, on voit que tous les organes de la distribution se meuvent parallèlement au plan de la coulisse, soit dans leur mouvement absolu, soit dans leur mouvement relatif par rapport au cylindre.

3. *Conditions auxquelles doivent satisfaire les organes de la distribution.*

Nous supposerons comme plus haut que la rotation de l'arbre moteur a lieu de la gauche vers la droite.

Soient (fig. 1), en projection sur le plan de la coulisse,

$D_0$ la position du tourillon du levier du tiroir de gauche, lorsque le cylindre est vertical.

D la position de ce tourillon correspondant à l'angle $\beta = \widehat{DOD_0}$, décrit par le cylindre, mesuré à partir du moment où le piston était à fond de course ; cet angle sera considéré comme positif lorsqu'il sera compté à gauche de la verticale OC, et comme négatif dans le cas contraire.

$\Delta$ l'angle $D_0OC$

$DE = l$, le bras de levier aboutissant au coulisseau E;

$E_0$ la position de E correspondant à $\theta = o$;

$\varphi$ l'angle formé par le prolongement de OD avec OE;

$\varphi_0$ la valeur de $\varphi$ pour $\theta = o$;

$\eta = \varphi - \varphi_0$.

Si l'on suppose que la lumière d'introduction sous le piston corresponde à ce tiroir et se trouve au-dessous de la lumière d'échappement, lorsque le piston sera à fond de course, le tiroir aura nécessairement exécuté une partie de son oscillation ascendante; ce qui exige que $\eta$ soit positif ou que la barre de l'excentrique décrive son oscillation descendante. On arrivera à ce résultat en plaçant l'excentrique de manière à ce que son excentricité fasse avec le coude de l'arbre un angle de 270° compté dans le sens du mouvement, augmenté d'un angle de calage que nous apprendrons à déterminer plus loin, et qui dépend du recouvrement du tiroir et de l'avance ou du retard d'introduction.

Pour produire la marche en arrière, on renversera l'excentrique par l'un des moyens adoptés pour cet objet.

Soient maintenant :

$K[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]$, le chemin décrit par la coulisse compte à partir de la position correspondant à $\theta = o$, K étant l'excentricité et $\varepsilon$ l'angle de calage; cette expression suppose que l'on peut négliger l'obliquité de la barre de l'excentrique.

O' la position du centre de la coulisse correspondant aux angles $\beta$ et $\theta$.

$R = OD = OD_0$ le rayon du cercle décrit par le tourillon du levier du tiroir.

$\rho = O'E$, le rayon de la coulisse;

T, la projection du point E sur OC;

$n$, le rapport du bras de levier correspondant à l'ar-

ticulation de la tige du tiroir, à l'autre bras de levier $l$.

Nous supposerons que pour $\theta = 0$, le centre de la coulisse coïncide avec le point O, de telle sorte que l'on ait :

$$OO' = K[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon], \quad \rho = OE_0.$$

D'autre part :

$$\overline{OE}^2 = R^2 + l^2 + 2Rl\cos\varphi,$$

$$\overline{OE}^2 = \rho^2 + \overline{OO'}^2 - 2\overline{OO'} \times O'T,$$

$$\overline{O'T} = OO' + OT = OO' + R\cos(\beta + \Delta) + l\cos(\varphi - \beta - \Delta);$$

d'où, en éliminant $\overline{OE}^2$

$$\rho^2 = R^2 + l^2 + 2Rl\cos\varphi + K^2[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]^2 + $$
$$+ 2K[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon][R\cos(\beta + \Delta) + l\cos(\varphi - \beta - \Delta)].$$

D'après ce que nous avons dit plus haut, l'angle $\varphi - \varphi_0 = \eta$, ne doit pas dépasser quelques degrés, de sorte que nous pourrons en négliger les puissances supérieures à la seconde, et comme $\eta$ est nul avec K, nous considérerons $\frac{K}{l}, \frac{K}{R}$ comme étant du même ordre que $\eta$, et nous devrons par conséquent en négliger, de même, le cube.

Si donc, on remarque que

$$\cos\varphi = \cos\varphi_0\left(1 - \frac{\eta^2}{2}\right) - \eta\sin\varphi_0,$$

$$\cos(\varphi - \beta - \Delta) = \cos(\varphi_0 - \beta - \Delta)\left(\frac{1 - \eta^2}{2}\right) - \eta\sin(\varphi_0 - \beta - \Delta),$$

l'égalité précédente se décompose dans les deux suivantes :

$$(1) \qquad \rho^2 = R^2 + l^2 + 2Rl\cos\varphi_0,$$

$$\left.\begin{array}{l} (2) \; -2lR\sin\varphi_0 \, . \, \eta - lR\cos\varphi_0\eta^2 + K^2[\sin(\theta + \varepsilon) - \\ - \sin\varepsilon]^2 + 2K[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]\,[R\cos(\beta + \Delta) + \\ \quad + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta) - l\sin(\varphi_0 - \beta - \Delta)\,\eta] \end{array}\right\} = 0.$$

En négligeant d'abord les termes du premier ordre en K et $\eta$, l'équation (2) donne

$$\eta = K \frac{[\sin(\theta+\varepsilon) - \sin\varepsilon][R\cos(\beta+\Delta) + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta)]}{Rl\sin\varphi_0}.$$

et, en portant cette valeur dans les termes du second ordre de la même équation, on trouve :

$$2lR\sin\varphi_0 \, . \, \eta =$$

$$\left\{\begin{array}{l} 2K[\sin(\theta+\varepsilon) - \sin\varepsilon][R\cos(\beta+\Delta) + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta) + \\ + K^2[\sin(\theta+\varepsilon) - \sin\varepsilon]^2 \left\{\begin{array}{l} 1 - \cos\varphi_0 \dfrac{[R\cos(\Delta+\beta) + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta)]^2}{lR\sin^2\varphi_0} - \\ - 2\dfrac{\sin(\varphi_0 - \beta - \Delta)}{R\sin\varphi_0}[R\sin(\Delta+\beta) + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta)]. \end{array}\right. \end{array}\right.$$

Si la valeur (3) de $\eta$ était suffisamment approchée, le coefficient $R\cos(\Delta+\beta) + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta)$ ne variant qu'entre des limites assez rapprochées, la loi du mouvement relatif du tiroir par rapport au cylindre, ne serait pas très-différente de celle que l'on observe dans les machines fixes sans balancier, et dans lesquelles l'étude de la distribution est très-facile. On est donc naturellement conduit à chercher s'il ne serait pas possible de profiter de l'indétermination de quelques-unes des quantités qui entrent dans le coefficient de $[\sin(\theta+\varepsilon) - \sin\varepsilon]^2$ de l'équation (4) pour annuler ce coefficient ou le transformer en une quantité du troisième ordre. Nous poserons donc

$$(5) \quad 1 - \cos\varphi_0 \frac{[R\cos(\beta+\Delta) + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta)]^2}{lR\sin^2\varphi_0} -$$

$$- \frac{2\sin(\varphi_0 - \beta - \Delta)}{R\sin\varphi_0}[R\cos(\beta+\Delta) + l\cos(\varphi_0 - \beta - \Delta)] = 0,$$

équation dans laquelle il nous sera permis de négliger les termes du premier ordre en K.

Il nous reste maintenant à déterminer la condition

qu'il faut remplir pour que le mouvement des coulisseaux soit possible dans une seule coulisse, ou pour qu'ils ne tendent pas à passer l'un devant l'autre. Si l'on désigne par $y$ l'ordonnée du point E par rapport à OC, on a,

$$y = R \sin(\beta + \Delta) - l \sin(\varphi - \beta - \Delta).$$

En changeant dans cette formule $\beta$ en $-\beta$, on aura l'ordonnée de l'autre coulisseau, comptée positivement de l'autre côté de OC par rapport au sens positif de $y$; il faut donc que la somme de ces deux expressions soit positive, ou que

$$R \sin \Delta - l \sin(\varphi - \Delta) > 0,$$

ou, en remplaçant $\varphi$ par $\varphi_0 + \eta$, que

$$R \sin \Delta - l \sin(\varphi_0 - \Delta) + l \sin(\varphi_0 - \Delta)\frac{\eta^2}{2} > l \cos(\varphi_0 - \Delta)\,\eta.$$

On satisfera à cette inégalité en posant

$$(6) \qquad R \sin \Delta - l \sin(\varphi_0 - \Delta) = l \cos(\varphi_0 - \Delta)\,H,$$

H étant une constante du même ordre de grandeur que $\eta$, et que l'on pourra prendre égale au maximum de cette variable, ou un peu plus grande.

La valeur de $\eta$ se réduit alors à

$$\eta = \frac{K}{Rl \sin \varphi_0}[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin \varepsilon]\Big\{\cos\beta[R \cos \Delta + l \cos(\varphi_0 - \Delta)] - l \sin\beta \cos(\varphi_0 - \Delta)\,H\Big\},$$

ou, en éliminant $l$, à l'aide de l'équation (6), à

$$(7) \quad \eta = \frac{K}{R \sin \Delta}\left[\cos\beta + \frac{H \cos(\varphi_0 - \Delta)\cos(\beta + \Delta)}{\sin \varphi_0}\right] \times [\sin(\theta + \varepsilon) - \sin \varepsilon].$$

En prenant

$$H = \frac{K}{R \sin \Delta}\left(1 + \frac{H \cos(\varphi_0 - \Delta)}{\sin \varphi_0}\right)(1 + \sin \varepsilon),$$

on sera sûr que H sera supérieur au maximum de $\eta$; d'où l'on déduit, en ne conservant que les termes du second ordre,

$$(8)\quad H=\frac{K}{R\sin\Delta}(1+\sin\varepsilon)\left[1+\frac{K}{R\sin\Delta}(1+\sin\varepsilon)\frac{\cos(\varphi_0-\Delta)}{\sin\varphi_0}\right].$$

$$(6)\ \eta=\frac{K}{R\sin\Delta}\left[\cos\beta+\frac{K(1+\sin\varepsilon)}{R\sin\Delta\sin\varphi_0}\cos(\varphi_0-\Delta)\cos(\beta+\Delta)\right]\times$$
$$\times[\sin(\vartheta+\varepsilon)-\sin\varepsilon].$$

En négligeant le terme en H de l'équation (6), on a :

$$R\sin\Delta=l\cos(\varphi_0-\Delta),$$

et l'équation (5) donne

$$(10)\qquad 1-\frac{\cos\varphi_0\cos^2\beta}{\sin\Delta\sin(\varphi_0-\Delta)}-2\cos\beta+$$
$$+2\cot(\varphi_0-\Delta)\sin\beta\cos\beta=0.$$

En supposant $\cos\beta=1$ et $\sin\beta=0$, dans cette dernière équation, on négligera des termes de l'ordre $\lambda$, et l'on aura comme première approximation :

$$(11)\qquad \frac{\cos\varphi_0}{\sin\Delta\sin(\varphi_0-\Delta)}=0,$$

d'où

$$\text{tang}\,\varphi_0+\cot\Delta=0,$$

ce qui donne

$$(12)\qquad \varphi_0=\Delta+90^\circ,$$

ou

$$\varphi_0=\Delta+90^\circ.$$

Mais, comme $\Delta$ sera toujours inférieur à 90°; que d'un autre côté, en admettant pour $\varphi_0$ une valeur négative, on serait obligé d'employer une coulisse très-étendue, nous n'adopterons que la première valeur de $\varphi_0$, et dès lors $D_0E_0$ sera perpendiculaire à OC.

Le dernier terme de l'équation (10) s'annulant pour

$\varphi_0 = \Delta + 90_0$, il en résulte que cette valeur ne diffère de la véritable valeur de $\varphi_0$ que de termes de l'ordre $\lambda^2$, et qu'en la substituant dans le terme en $K^2$ de l'équation (9), il deviendrait de l'ordre $\lambda^2 \frac{K^2}{R^2}, \; ^2\frac{K^2}{l^2}$; et l'on pourra sans inconvénient le négliger. Il ne nous reste donc plus qu'à considérer les équations (12) et (7).

Cette dernière devient

$$(13) \qquad \eta = \frac{K}{R \sin \Delta} \cdot \cos \beta,$$

et la formule (6) donne :

$$(14) \qquad l = R \sin \Delta.$$

Ainsi *l est égal à la perpendiculaire abaissée du point $E_0$ sur* OC.

Nous avons supposé jusqu'ici que $\eta$ est une quantité assez petite pour que l'on puisse en négliger le cube. On satisfera à cette condition en posant

$$\frac{K}{R \sin \Delta} = \gamma,$$

$\gamma$ étant une fraction que l'on se donnera *à priori* et qui par exemple ne devra pas dépasser $\frac{1}{5}$; et il vient par suite

$$(15) \qquad \eta = \gamma \cos \beta [\sin (\theta + \varepsilon) - \varepsilon].$$

Pour avoir la loi des oscillations de l'autre tiroir, il faudra changer dans la formule (15) $\beta$ en $-\beta$; et comme $\eta$ conserve le même signe, il s'ensuit que les deux angles $\varphi$ croissent et décroissent en même temps de quantités égales, que les deux tiroirs exécutent par suite des oscillations identiques et de même sens, en jouant ainsi le rôle d'un seul tiroir. Il faut donc que la lumière

d'admission sur la face supérieure du cylindre soit située entre le fonds supérieur du cylindre et la lumière d'échappement.

3. *Détermination de la course du tiroir.*

Soient $e$ le déplacement du tiroir compté à partir de la position correspondant à $\theta = o$, E la longueur de sa course; on a,

$$e = nl\eta = n\gamma l\,[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]\cos\beta.$$

La course du tiroir étant la différence entre le maximum et le minimum de $e$, on est conduit à chercher les valeurs de $\theta$ satisfaisant à l'équation

$$\cos(\theta + \varepsilon) = [\sin\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]\,\mathrm{tang}\,\beta \,.\, \frac{d\beta}{d\theta}.$$

Or

$$\mathrm{tang}\,\beta = \frac{\lambda\sin\theta}{1 - \lambda\cos\theta}, \quad \frac{d\beta}{d\theta} = \frac{\lambda(\cos\theta - \lambda)}{(1 - \lambda\cos\theta)^2}\cos^2\beta;$$

par suite,

$$\cos(\theta + \varepsilon) = \lambda^2[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]\frac{\sin\theta(\cos\theta - \lambda)}{(1 - \lambda\cos\theta)[1 + \lambda^2 - 2\lambda\cos\theta]},$$

et, en s'arrêtant aux termes du quatrième ordre en $\lambda$,

$$\cos(\theta + \varepsilon) = \lambda^2[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]\sin\theta[\cos\theta + \\ + \lambda(3\cos^2\theta - 1) + \lambda^2\cos\theta(7\cos^2\theta - 4)].$$

On voit immédiatement que cette équation sera satisfaite en posant

$$\theta + \varepsilon = \frac{\pi}{2} + \delta,$$

$\delta$ étant au moins de l'ordre $\lambda^2$; d'où il suit, en continuant la même approximation que ci-dessus, que

$$\delta = -\lambda^2\cos\varepsilon(1 - \sin\varepsilon)[\sin\varepsilon + \lambda(3\sin^2\varepsilon - 1) + \\ + \lambda^2\sin\varepsilon(-3 - \sin\varepsilon + 5\sin^2\varepsilon + 2\sin^3\varepsilon)],$$

On satisfera également à la même équation en posant

$$\theta + \varepsilon = \frac{3}{2}\pi + \delta_0,$$

$\delta'$ étant du même ordre de grandeur que $\delta$: $\delta'$ s'obtiendra en changeant, dans l'expression de $\delta$, les signes de $\sin\varepsilon$ et $\cos\varepsilon$; ce qui donne

$$\delta' = \lambda^2 \cos\varepsilon\,(1 + \sin\varepsilon)\,[-\sin\varepsilon + \lambda\,(3\sin^2\varepsilon - 1) - \\ - \lambda^2 \sin\varepsilon\,(-3 + \sin\varepsilon + 5\sin^2\varepsilon - 2\sin^3\varepsilon)].$$

Pour achever le calcul simplement, nous remarquerons que, en remplaçant $\cos\beta$ par son développement en série, on a,

$$\frac{e}{n\gamma l} = \left[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon\right]\left[1 - \frac{\lambda^2}{2}\sin^2\theta - \right. \\ \left. - \lambda^3 \cos\theta \sin^2\theta + \frac{\lambda^4}{8}(3 - 18\cos^2\theta + 15\cos^4\theta)\right].$$

En posant

$$\theta + \varepsilon = \frac{\pi}{2} + \delta,$$

on trouve

$$\frac{e}{n\gamma l} = \left(1 - \frac{\delta^2}{2} - \sin\varepsilon\right)\left[1 - \frac{\lambda^2}{2}\cos^2\varepsilon - \frac{\lambda^2}{2}\sin 2\varepsilon\,.\,\delta - \right. \\ \left. - \lambda^3 \sin\varepsilon\cos^2\varepsilon + \frac{\lambda^4}{8}(3 - 18\sin^2\varepsilon + 15\cos^4\varepsilon)\right] = \\ = (1 - \sin\varepsilon)\left\{1 - \frac{\lambda^2}{2}\cos^2\varepsilon - \lambda^3 \sin\varepsilon\cos^2\varepsilon + \right. \\ \left. + \frac{\lambda^4}{8}\left[3 - 18\sin^2\varepsilon + 15\sin^4\varepsilon + (1 - \sin\varepsilon)\sin^2 2\varepsilon\right]\right\}.$$

Pour

$$\theta + \varepsilon = \frac{3}{2}\pi + \delta',$$

on a de même

$$\frac{e}{n\gamma l} = -(1 + \sin\varepsilon)\left\{1 - \frac{\lambda^2}{2}\cos^2\varepsilon + \lambda^3 \sin\varepsilon\cos\varepsilon + \right. \\ \left. + \frac{\lambda^4}{8}\left[3 - 18\sin^2\varepsilon + 15\sin^4\varepsilon + (1 + \sin\varepsilon)\sin^2 2\varepsilon\right]\right\}.$$

De la différence entre ces deux valeurs, on déduit,

(16) $$E = nl\gamma \Big\{ 2 - \lambda^2 \cos^2 \varepsilon + 2\lambda^3 \sin^2 \varepsilon \cos^2 \varepsilon + \frac{\lambda^4}{4}\Big[3 - 18 \sin^2 \varepsilon + 15 \sin^4 \varepsilon + \sin^2 2\varepsilon\,(1 + \sin^2 \varepsilon)\Big]\Big\},$$

relation au moyen de laquelle $nl$ sera déterminé, attendu que E doit être considéré comme une donnée de la question.

4. *De l'angle de calage.*

Soit $\alpha$ la longueur du recouvrement augmentée de l'avance d'introduction, égale à la valeur de $e$ pour $\theta + \varepsilon = 0$; on a

$$\alpha = nl\gamma \sin \varepsilon \cos \beta_1,$$

$\beta_1$ étant la valeur de $\beta$ correspondant $\theta = -\varepsilon$. On tire de là, en remplaçant $\cos\beta$ par son développement en série

$$\frac{\alpha}{nl\gamma} = \sin \varepsilon \Big[1 - \frac{\lambda^2}{2} \sin^2 \varepsilon - \lambda^3 \cos \varepsilon \sin^2 \varepsilon + \frac{\lambda^4}{8}(3 - 18 \cos^2 \varepsilon + 15 \cos^4 \varepsilon)\Big].$$

Si l'on pose, pour abréger, $\frac{\alpha}{nl\gamma} = \nu$, on voit que $\sin\varepsilon$ ne différera de $\nu$ que d'une quantité de l'ordre $\lambda^2$, et en posant $\sin\varepsilon = \nu\,(1 + x)$, on trouve, en s'arrêtant aux termes de l'ordre $\lambda^4$,

$$x = \nu^2 \Big[\frac{\lambda^2}{2} + \lambda^3\sqrt{1 - \nu^2} + \frac{3}{8}\lambda^4 (4 - 3\nu^2)\Big]$$

et

$$\sin \varepsilon = \nu\Big[1 + \frac{\lambda^2\nu^2}{2}(1 + 2\lambda\sqrt{1 - \nu^2}) + \frac{3}{4}\lambda^4 (4 - 3\nu^2)\Big].$$

Mais, en général, $\nu$ est au plus égal à $\frac{1}{3}$, et, par consé-

quent, est du même ordre de grandeur que $\lambda$. En continuant l'approximation adoptée jusqu'ici, on pourra donc écrire

$$(17) \qquad \sin \varepsilon = \nu = \frac{\alpha}{nl\gamma}.$$

5. *Formules donnant les éléments de la distribution.*

Nous devons considérer comme étant les données de la question, la course du tiroir E, le rayon R, l'angle $\Delta$, la constante $\gamma$ au plus égale à $\frac{1}{5}$, enfin le recouvrement augmenté de l'avance d'introduction, ou $\alpha$. Les grandeurs à déterminer en fonction des précédentes sont, l'angle de calage $\varepsilon$, l'excentricité K, les bras $l$ et $nl$ du levier, la longueur et le rayon de la coulisse.

Nous avons déjà

$$(18) \qquad \begin{aligned} K &= \gamma R \sin \Delta, \\ l &= R \sin \Delta. \end{aligned}$$

Les équations (16) et (17) donnent

$$E = nl\gamma\left(2 - \lambda^2 + \frac{3}{4}\lambda^4 + \lambda^2\nu^2\right).$$

En négligeant les termes en $\lambda^2$ et $\nu^2$, on trouve

$$\frac{1}{nl\gamma} = \frac{2}{E}, \quad \text{ou} \quad \nu = \frac{\alpha}{nl\gamma} = \frac{2\alpha}{E},$$

et en substituant cette valeur dans le second membre de l'équation précédente, il vient

$$(19) \qquad nl = \frac{E}{\gamma\left(2 - \lambda^2 + \frac{3}{2}\lambda^4 + 4\lambda^2\frac{\alpha^2}{E^2}\right)}.$$

Enfin l'équation (17) donne

$$(20) \qquad \sin \varepsilon = \frac{\alpha}{E}\left(2 - \lambda^2 + \frac{3}{4}\lambda^4 + 4\lambda^2\frac{\alpha^2}{E^2}\right).$$

Il faut avoir égard à la condition résultant de ce que

$nl + R \sin \Delta$ ne peut pas dépasser de beaucoup le rayon du cylindre. En appelant L le maximum que l'on peut assigner à cette longuèur, il faudra que

$$nl + R \sin \Delta < L,$$

ou

$$(21) \quad \begin{matrix} R \sin \Delta \\ \text{ou } l \end{matrix} < L - \frac{E}{\gamma}\left[2 - \lambda^2\left(\frac{1 - 4\alpha^2}{E^2}\right) + \frac{3}{4}\lambda^4\right].$$

On devra donc choisir en conséquence R et $\Delta$.

Le rayon de la coulisse étant $\rho = R \cos \Delta$, il ne nous reste plus qu'à déterminer sa longueur ou celle de sa corde. Nous avons trouvé plus haut, pour l'ordonnée de l'un des coulisseaux,

$$y = R \sin(\beta + \Delta) - l \sin(\varphi - \beta - \Delta) = R \sin(\beta + \Delta) - \\ - l \sin(\varphi_0 - \beta - \Delta)(1 - \eta^2) - l\eta \cos(\varphi_0 - \beta - \Delta),$$

d'où, en ayant égard aux valeurs $l = R \sin \Delta$, $\varphi_0 - \Delta = 90°$,

$$y = \frac{\eta^2}{2} l \cos \beta + \sin \beta (R \cos \Delta - l\eta).$$

On pourra prendre pour la demi-corde $\frac{c}{2}$ de la coulisse, le maximum de $y$, ou une quantité plus grande; $\eta$ étant inférieur à $\gamma$ et $\sin \beta$ à $\lambda$, il nous sera permis de poser

$$\frac{c}{2} = \gamma^2 \frac{l}{2} + \lambda R \cos \Delta,$$

ou

$$(22) \qquad c = \gamma^2 l + 2\lambda\rho.$$

6. *Épure de distribution.*

Soient (*fig.* 1) $A_0 A_1$ le diamètre déterminé dans le cercle que décrit le point A, par la ligne OC ; on divisera ce diamètre, considéré comme axe des abscisses, en un certain nombre de parties égales; par chacun des points de division, on fera passer une circonfé-

rence ayant pour centre le point O; la circonférence de rayon OR, par exemple, coupera le cercle CA en un point A, qui, joint au centre C, déterminera l'angle $\theta = ACO$ correspondant au chemin parcouru $A_0R$ par le piston depuis son point le plus bas.

Nous prendrons pour ordonnée de la courbe de distribution le chemin

$$e = \gamma ln [\sin(\theta + \varepsilon) - \sin \varepsilon] \cos \beta.$$

décrit par le tiroir. Pour construire les ordonnées, du point C comme centre, avec un rayon $CH = \gamma ln$, je décris une circonférence qui coupe AC au point J et OC au point H. Je forme en H avec AC et à gauche de cette direction, l'angle $CHL = \varepsilon$, j'abaisse la perpendiculaire JM du point J sur la direction de HL, et l'on reconnaît facilement que $JM = CJ [\sin(\theta + \varepsilon) - \sin \varepsilon]$, et par suite, que $e = JM \cos \beta$.

En portant sur OA à partir du point O la longueur $Om = JM$, et projetant le point $m$ en $n$ sur OC, $On$ sera l'ordonnée $e$ de la courbe de distribution.

Cela étant soient (*fig.* 2), $aa'$ la droite qui représente la course du piston, et que nous prendrons pour axe des abscisses; $ab$ l'avance d'introduction, $bc$ la largeur de la lumière d'introduction, portées à partir du point $a$ sur la perpendiculaire en ce point à $aa'$, et en dessous de cette droite; $bb'$, $cc'$ les parallèles à $aa'$ menées aux points $b$ et $c$; $b_1$ et $b'_1$, $c_1$ et $c'_1$ les points où elles rencontrent la courbe de distribution supposée construite; $a_1$ le second point d'intersection de la même courbe avec $aa'$.

Pour le parcours $aa'_1$ du piston, la lumière d'introduction sera complétement démasquée; elle se refermera successivement à partir de la position $a'_1$, jusqu'au moment où le piston aura décrit complétement l'abs-

cisse du point $b'_1$; la lumière étant alors complétement fermée, la vapeur se détendra. A partir du point $c'_1$, correspondant à la position qu'occupe le tiroir lorsque l'excentricité de l'excentrique fait un angle de $90^0$ avec la direction du piston, position pour laquelle la lumière d'échappement est sur le point d'être démasquée, l'échappement de la vapeur aura lieu jusqu'en $b_1$; enfin l'avance d'introduction se produira de $b_1$ en $a_1$. On se rend ainsi compte de la distribution de la vapeur. J'aurais pu ici entrer dans plus de détails, mais ces sortes d'épures sont maintenant trop connues pour que j'aie à m'y arrêter davantage.

8. *Comparaison avec le mode ordinaire de distribution à l'aide d'une coulisse.*

On sait que le procédé le plus généralement adopté pour produire la distribution de la vapeur dans les machines oscillantes, consiste dans l'emploi d'un excentrique monté sur l'arbre moteur, imprimant un mouvement de translation alternatif et vertical à un châssis guidé en conséquence, et dont le plan est perpendiculaire à cet arbre. Un maneton adapté à ce châssis s'engage dans une coulisse dont le plan est parallèle au châssis, et qui ne peut se déplacer que parallèlement à la tige du piston au moyen de guides disposés suivant les génératrices du cylindre.

Le mouvement alternatif imprimé à la coulisse se trouve ainsi transmis au tiroir avec lequel elle fait corps.

Soient (*fig.* 3),

O l'axe des tourillons du cylindre,

$Oa_0$ la verticale du point $o$,

$a_0$ la position du maneton lorsque le piston est à fond de course,

$h$ la distance de $Oa_0$,

$Ox$ la position que prend l'axe de figure de la coulisse, quand le cylindre a tourné de l'angle $\beta = xoa_0$,

$a$ la position correspondante du maneton,

$O'$ celle du point du plan mobile de la coulisse coïncidant primitivement avec le point O,

$x = O'p$, $y = ap$ les coordonnées du point $a$ rapportées à l'axe $O'x$, et à sa perpendiculaire $O'y$ en $O'$,

K l'excentricité de l'excentrique,

$\varepsilon$ l'angle de calage.

Si l'on néglige l'obliquité de la barre de l'excentrique, on a

$$Oa = h + K[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon].$$

$$x = h\cos\beta + K\cos\beta[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon] - OO',$$

$$y = h\sin\beta + K\sin\beta[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon].$$

La vitesse du châssis étant

$$K\cos(\theta + \varepsilon)\frac{d\theta}{dt},$$

celle du point', qui en est la composante suivant $ox$, est

$$K\cos(\theta + \varepsilon)\frac{d\theta}{dt}\cos\beta;$$

de sorte que l'on a

$$OO' = K\int_0^\theta \cos(\theta + \varepsilon)\cos\beta d\theta,$$

et enfin

$$x = h\cos\beta + K\cos\beta[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon] - K\int_0^\theta \cos(\theta + \varepsilon)\cos\beta d\theta,$$

$$y = h\sin\beta + K\sin\beta[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon].$$

En éliminant $\theta$ entre ces deux équations, on obtiendrait celle de la courbe que doit affecter la coulisse pour que, rigoureusement parlant, la transmission de mouvement soit possible. Or, cette forme est inadmis-

sible, puisqu'elle dépend de l'angle $\varepsilon$, que l'on doit pouvoir augmenter de 180° quand on veut produire la marche en arrière. C'est pourquoi on donne à la coulisse une forme circulaire, ayant pour centre le point O, lorsque $\theta = 0$, et $h$ pour rayon; mais ce n'est qu'au moyen d'un jeu convenable du maneton dans la coulisse, et d'une faible course du tiroir par rapport à $h$, que ce mode de distribution peut recevoir son application; il est donc vicieux en principe, et offre, sous ce rapport, une infériorité incontestable sur celui dont nous nous sommes occupés plus haut, pour la construction duquel nous avons donné des règles suffisamment approximatives dans la pratique. En laissant de côté cette imperfection, il est visible que la marche du tiroir par rapport au cylindre, représenté par

$$aa_0 \cos\beta = K[\sin(\theta + \varepsilon) - \sin\varepsilon]\cos\beta,$$

suit la même loi que dans la première disposition que nous avons étudiée, et dès lors nous n'avons pas à nous préoccuper d'une seconde épure de distribution.

---

# GISEMENT ET EXPLOITATION DU DIAMANT

## DANS LA PROVINCE MINAS GERAES AU BRÉSIL.

Par MM. Ch. HEUSSER et G. CLARAZ (1).

(Extrait par M. Delesse.)

Géologie.

Le gneiss granitique qui forme les côtes du Brésil s'étend sans interruption jusqu'à la Serra de Montiquera qui se trouve environ à soixante lieues de la côte dans les parties où elle en est le plus rapprochée et qui marque la limite entre la région des forêts et celle des plaines. Dans cette dernière région, on voit déjà alterner avec le gneiss granitique le quartzite et les schistes cristallins. A partir de la Serra d'Ourobranco, ces roches dominent presque exclusivement. Au nord, près de Diamantina, elles composent entièrement les nombreuses *Serra* ainsi que les *Chapades* désignées par d'Eschwege sous le nom de Serra d'Espinhaco.

Signalons d'abord les caractères que présentent les principales roches qui constituent la région des diamants.

Itacolumite.

Le quartzite, qui est la plus importante, a reçu d'Eschwege le nom d'*itacolumite*; c'est un grès quartzeux grenu, friable, d'un grain plus ou moins gros, qui contient souvent du talc, de la chlorite, du mica et qui, en grand, montre presque toujours une structure schisteuse. Il est quelquefois traversé par des veines de quartz renfermant de la pyrophyllite qui est semblable à celle de l'Oural. Il peut être flexible ; mais cette propriété est cependant accidentelle, et même nous ne l'avons observée que dans deux endroits, à Ouro Preto et à Monlevade.

L'itacolumite est sans aucun doute une roche métamorphique qui a été primitivement déposée par les eaux; elle ne nous a

(1) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, t. XI, p. 448. — *Ueber die wahre Lagerstätte der Diamanten und anderer Edelsteine in der Provinz Minas Geraes in Brasilien*, von Herren Ch. Heusser *und* G. Claraz. Quelques modifications ont été apportées à ce travail d'après les déterminations minéralogiques de M. G. Rose. (*Bemerkungen zur vorstehenden Abhandlung* von Herrn G. Rose, *ibidem*, p. 467), et d'après l'examen des belles collections du Muséum qui ont été rapportées du Brésil par M. Claussen.

pas offert de fossiles; toutefois, près de Diamantina, nous y avons reconnu des traces bien visibles de vagues. D'après M. G. Rose, à Bissersk dans l'Oural, où l'on trouve aussi des diamants, il ne paraît pas y avoir d'itacolumite. L'itacolumite du Brésil ressemble du reste beaucoup au quartzite schisteux des montagnes Strehlen, à l'ouest de Breslau ; ce dernier est recouvert par du gneiss qui alterne avec lui et avec des amas puissants de schiste talqueux blanc; il est traversé par de nombreux filons de quartz hyalin qu'on exploitait même autrefois.

Schiste métamorphique. Le schiste que nous désignerons d'une manière générale sous le nom de schiste métamorphique présente des caractères très-variés; il contient d'abord du quartz qui est associé, tantôt à de la chlorite ou à du talc, et tantôt à du mica. Dans ce dernier cas, il passe au micaschiste. C'est à tort qu'on a signalé de l'amphibole hornblende dans les variétés de ce schiste qui sont exploitées pour y rechercher le diamant. Quelquefois, il perd sa structure schisteuse, et alors il renferme plus ou moins d'oxyde de fer. Le schiste métamorphique constitue généralement les plaines élevées que l'on appelle *chapades*. Il se décompose profondément comme on le verra plus loin ; aussi les vallées dans lesquelles coulent les rivières provenant des *chapades* ont-elles des formes douces, bien que leurs pentes soient rapides vers les hauteurs.

Les passages du schiste métamorphique au schiste argileux et à des schistes contenant du talc, du mica, du disthène, sont très-fréquents et tout à fait insensibles. D'un autre côté, le schiste métamorphique présente aussi des passages insensibles à l'itacolumite. Vers la limite de ces deux roches, il y a souvent des rognons ou des bandes de fer oligiste. Dans la Serra de Caraça, des fragments de schiste cristallin forment un conglomérat dans l'itacolumite.

Itabirite. Le schiste métamorphique enclave d'ailleurs du calcaire, du fer oligiste schisteux et de l'*itabirite*.

L'itabirite est simplement une variété de fer oligiste schisteux qui est accompagnée de quartz et de mica. Elle présente quelquefois des couches puissantes et très-étendues qui peuvent être exploitées comme minerai de fer. Quand elle est pulvérulente, on la désigne sous le nom de *jacotinga*. La riche mine anglaise de Gongo Socco s'exploite même dans une couche puissante de *jacotinga*.

Le calcaire se montre aussi en couches puissantes; de plus,

il offre de nombreuses cavernes qui sont très-riches en ossements et en salpêtre et qui ont été bien étudiées par le docteur Lund.

L'itacolumite et le schiste métamorphique sont généralement en couches alternantes.

La direction des couches se confond du reste avec la direction générale des montagnes qui est presque toujours la même, du nord au sud. Ces couches plongent vers l'est. Elles ont été disloquées ; en sorte qu'elles forment des rochers abruptes et déchirés qui, dans l'itacolumite, sont traversés par un grand nombre de canaux arrondis.

— Le schiste métamorphique et l'itacolumite sont très-sujets à se décomposer. Pour l'itacolumite qui est essentiellement quartzeuse, la décomposition est surtout caractérisée par une fissuration de la roche qui tombe même en poussière. Pour le schiste métamorphique, les propriétés physiques et chimiques sont modifiées et l'hydroxyde de fer mis en liberté fournit ordinairement le ciment de roches nouvelles. Décomposition des roches.

Lorsque la roche qui se décompose est très-riche en fer, comme cela a lieu au voisinage de l'itabirite, elle donne une formation appelée *tapanhoacanga* : c'est une brèche cimentée par de l'hydroxyde de fer qui empâte du schiste en fragments généralement anguleux et plus ou moins décomposés. Cette formation qui est récente se trouve seulement à la surface des montagnes, ainsi que le remarque d'Eschwege ; cependant une toute semblable, contenant seulement plus de sable, s'observe aussi au fond des vallées et des rivières de la région dans laquelle on exploite les diamants. Tapanhoacanga

Le schiste métamorphique se décompose fréquemment et jusqu'à une grande profondeur.

Quelquefois il s'est changé en une masse terreuse qui devient un véritable schlamm, surtout pendant la saison des pluies, et alors on y enfonce jusque par-dessus les genoux.

On peut s'étonner que la décomposition des roches soit aussi profonde sous les tropiques, car elle n'est pas secondée par l'action de la neige et de la glace ; mais elle est sans doute déterminée par la violence et la fréquence des pluies tropicales et par l'action dissolvante de l'eau qui augmente avec la température. Il faut observer de plus que cette eau contient de l'acide nitrique, par suite des orages qui se succèdent avec une grande régularité pendant plusieurs mois de l'année.

C'est dans les produits de la décomposition du schiste métamorphique et de l'itacolumite, aussi bien que dans les formations récentes comme le tapanhoacanga, qu'on rencontre une multitude de minéraux rares, parmi lesquels on peut citer le diamant, l'euclase, la topaze, le péridot (chrysolite), la cymophane, l'andalousite transparente, la tourmaline, l'améthyste, l'anatase, le rutile. Tous proviennent du schiste métamorphique et de l'itacolumite.

**Trois régions distinctes dans lesquelles s'exploitent les diamants.**

— L'expérience a appris aux mineurs que les diamants se trouvent dans trois régions distinctes nommées: 1° *Serviço da Serra*, 2° *Serviço do campo*, 3° *Serviço do rio*.

Ces trois régions, dont les exploitations vont être décrites successivement, correspondent précisément à l'itacolumite, au schiste métamorphique, au tapanhoacanga.

**1° Serviço da Serra.**

**Gurgulho da Serra.**

1° — La roche, dans laquelle on recherche les diamants, est un produit de décomposition nommé *gurgulho*, qui présente des caractères différents dans le Serviço do campo et dans le Serviço da Serra. Ainsi, dans le Serviço da Serra, le gurgulho provient de l'itacolumite; il est formé de sable quartzeux pur, de fragments d'itacolumite et de quartz; il remplit les cavités résultant de la destruction de certaines couches d'itacolumite, lesquelles sont désignées par les Brésiliens sous le nom de *canaes*, *corrumes*. Le lavage du gurgulho se fait à la batée d'après la méthode décrite par d'Eschwege et d'Helmreichen. Avec le diamant, on obtient comme résidu du rutile (*Agulhas*), de l'anatase (*Ciricorias*), du fer oxydulé (*Captivos*). Ces minéraux, compagnons plus ou moins constants du diamant, sont ceux que les Brésiliens nomment la formation (*formação*), et leur présence dans le *gurgulho* est déjà un indice qu'il renferme du diamant.

Mais, dans le *gurgulho da Serra*, ces minéraux sont assez clair-semés pour qu'il soit difficile de les reconnaître sans un lavage préalable, et même, dans certains gisements, ils manquent presque entièrement. Des trois minéraux désignés sous le nom de formation, nous avons observé le rutile et le fer oxydulé dans l'itacolumite; l'anatase y existe aussi très-vraisemblablement; mais personne ne songe à l'y rechercher, et nous n'avons pas eu l'occasion de l'y rencontrer.

Comme les minéraux associés au diamant se trouvent dans l'itacolumite, il est naturel d'admettre qu'il en provient également; c'est aussi ce qui résulte de la présence du diamant

dans la plupart des rivières prenant naissance au milieu des montagnes d'itacolumite. Pohl et d'Eschwege avaient déjà indiqué ce gisement comme vraisemblable, et d'Helmreichen a levé tous les doutes qui restaient encore; car dans la Serra de Grão Mayor, à Corgo dos Bois, il a constaté que le diamant pouvait s'obtenir non-seulement par le lavage du *gurgulho*, mais encore en exploitant à la poudre un énorme rocher d'itacolumite dont les fragments étaient ensuite pilés et soumis au lavage. D'Helmreichen décrit même quatre échantillons de diamant qu'il a vus dans l'itacolumite (1). Toutefois cette exploitation directe de l'itacolumite a été abandonnée depuis, parce que la recherche des diamants dans le *gurgulho* est plus facile et moins dispendieuse. Nous avons également visité Grão Mayor, et d'après les renseignements qui nous ont été donnés, on a envoyé à Rio de Janeiro des fragments d'itacolumite contenant des diamants; mais aucun acheteur ne voulait en donner plus que le prix des diamants visibles, tandis que le vendeur élevait la prétention d'en avoir davantage, en se fondant sur ce que d'autres diamants pourraient encore être obtenus en brisant la roche.

**2° Serviço do Campo.**

**Gurgulho do Campo.**

2° — Le *gurgulho do campo* est ainsi nommé parce qu'il ne se trouve pas dans les montagnes escarpées, mais, au contraire, sur les plaines élevées ou sur les plateaux. Il est formé par la décomposition du schiste métamorphique dont les produits sont plus ou moins mélangés à ceux de l'itacolumite. Le lavage à la batée du *gurgulho do campo* donne : 1° Grains gris noirâtre et disthène (*Palha d'Arroz*), 2° Roche noir bleuâtre, tantôt ferrugineuse, tantôt quartzeuse, paraissant d'après M. Damour se rapporter à l'hyalotourmalite ou au *schorl-rock* (*Feijãos pretos*), 3° Hydrophosphate d'alumine, hydroxyde de fer (*Cabocolos*), 4° Fer oligiste, hématite rouge et peut-être fer titané (*Ferragem*). Ces diverses substances proviennent spécialement du schiste métamorphique; quant au quartz, au rutile, à l'anatase, au fer oxydulé, ils proviennent soit du schiste métamorphique, soit de l'itacolumite. L'ensemble des minéraux associés au diamant se nomme encore la *formation*; mais ici, ces minéraux sont assez abondants pour qu'il soit souvent facile de les reconnaître sans un lavage préalable.

---

(1) *Ueber das geognostische Vorkommen der Diamanten und ihre Gewinnungs Methoden auf der Serra de Grão Mayor*. Wien, 1846.

Le *gurgulho de campo* se rencontre à la surface du sol, vers la séparation des deux grands bassins du San-Franzisco et du Jequitnihonha, à Dattas, à Quinda, à San João do Barro. Il faut nécessairement admettre qu'il s'est formé sur place par la décomposition de la roche sous-jacente; car il ne paraît pas transporté par les eaux. Quelquefois cependant il a été entraîné sur de petites étendues.

Tant qu'on a trouvé du diamant dans le *gurgulho* de la surface, on n'a pas songé à creuser plus avant; mais vers l'année 1850, à San João de Barro, le hasard fit qu'on soumit au lavage la roche schisteuse qui se trouvait au-dessous du *gurgulho* et qu'on y rencontra beaucoup de diamants. A partir de cette époque, on a commencé une exploitation profonde dans laquelle les travaux se poursuivent en ce moment et qui donne même de très-bons résultats. La roche forme une masse qui est tellement molle qu'elle peut s'extraire avec la houe, absolument comme de la terre ordinaire; il suffit, par suite de la jeter dans la batée et de la soumettre au lavage. Lorsqu'on l'examine en grand et sur place, on y distingue du reste une structure schisteuse, mais dans le *gurgulho*, cette structure a complétement disparu, les parties terreuses ayant été entraînées par les eaux et les parties solides ou pesantes ayant seules résisté.

La roche schisteuse qui se trouve au-dessous du *gurgulho* a été nommée *barro* (Lehm.). Elle est d'une couleur très-variable, blanche, rougeâtre, gris foncé ou noire. Elle est douce au toucher et quelquefois même on est obligé d'y ajouter du sable pour pouvoir la laver.

Entre le *barro* et le *gurgulho*, on observe d'ailleurs tous les passages à une masse terreuse qui contient aussi des diamants et qui est désignée sous le nom spécial de *terra*.

Le *barro* et la *terra* sont tellement décomposés et ramollis que les trous creusés pendant le jour se referment de nouveau pendant la nuit. C'est seulement pendant la saison sèche qu'on peut approfondir le *barro;* on le lave au contraire pendant la saison des pluies.

La structure veinée du *barro* nous fit tout d'abord penser qu'il devait provenir de la décomposition du schiste métamorphique, et c'est d'ailleurs ce que viennent confirmer les remarques suivantes. En effet, les schistes se dirigent à peu près du nord au sud et plongent vers l'est sous un angle d'environ 30°; en outre, au-dessous du *barro*, se rencontre une couche d'ita-

columite grenue qui a été nommée *Pizarro;* or il est facile de constater qu'elle est bien intercalée dans les schistes et que sa direction ainsi que son plongement sont les mêmes. D'un autre côté, dans son voisinage, on trouve des concrétions qui s'observent également à la limite du schiste métamorphique. Enfin le résidu du lavage dans la batée est le même pour le *barro* que pour le *gurgulho do campo.*

Nous avons du reste examiné les fragments pierreux qui se trouvent dans le *barro*, et nous avons constaté qu'ils proviennent du schiste métamorphique à différents états de décomposition; quelques fragments étaient même si peu altérés qu'il ne nous est plus resté aucun doute sur la nature de la roche qu'a produit le *barro*. Il est bien vrai qu'on n'a pas encore signalé de diamant dans le schiste métamorphique ; mais c'est facile à comprendre, car on ne l'a pas encore exploité.

Au moment où l'on extrait le *barro*, il est mou et très-humide; toutefois il se durcit un peu à l'air. Les diamants qu'il renferme ne se détachent pas tous dans le premier moment et par le lavage ; nous avons même été assez heureux pour nous procurer à Diamantina un échantillon de *barro* dans lequel un très-gros diamant était encore enchassé; il permettait de bien reconnaître l'origine de la roche qui provenait visiblement de l'altération du schiste métamorphique. Nous avons vu également un échantillon semblable appartenant à un Anglais, M. Thomas Redington, qui possède des exploitations de diamant entre San João et Diamantina.

Bien qu'il y ait à San João de nombreuses exploitations de *gurgulho*, celle de *barro* donne depuis 1855 les produits les plus riches et les plus réguliers : au moment de notre séjour, on se disposait d'ailleurs à en établir une nouvelle.

Près de Quinda, il y a beaucoup d'exploitations de *gurgulho do campo*, dans lesquelles on lave aussi la couche qui se trouve immédiatement sous le *gurgulho :* cependant cette couche n'a pas la structure veinée et elle est plus pénétrée de sable qu'à San João. Dans son voisinage il y a un sable d'itacolumite; mais il doit être très-pauvre en diamants, car on ne le lave pas.

L'observation a montré que les schistes métamorphiques les plus riches en diamants sont fortement imprégnés d'oxyde de fer et qu'ils ont une couleur grise ou noirâtre.

3° — Le *Serviço do Rio* comprend les exploitations entreprises dans le lit et sur les bords des fleuves. Ces exploitations qui 3° Serviço do Rio

sont de beaucoup les plus fréquentes recherchent les diamants qui ne sont plus dans leur gangue originaire; comme elles ont été décrites souvent, il n'est pas nécessaire de nous y arrêter. Nous les avons observées dans plus de trente localités, depuis Cidade de Serro et dans presque tous les cours d'eau sur le chemin de Grão Mayor, notamment à Poso Alto, Dattas, Quinda, Diamantina, Simão Viera. C'est surtout sur le Jequitnihonha que se trouvent les principales.

;a, Cascalho. Généralement les cours d'eau ont leur lit dans la roche solide, dans laquelle ils ont même creusé des marmites de géant (*Calderãos*). Le terrain de transport qui repose sur cette roche et dans lequel ils coulent se nomme *Cascalho*. Il est souvent recouvert par de gros blocs qui appartiennent notamment à l'itacolumite; quand de l'hydroxyde de fer se trouvait dans le voisinage, il a cimenté les couches supérieures qui ont été changées en un conglomérat, le *Canga*. Quelquefois ce conglomérat est tellement dur, qu'on est obligé de le faire sauter à la poudre. Il n'est pas rare d'y rencontrer des diamants engagés et on en possède divers échantillons en Europe.

Le *cascalho* réunit les produits de la décomposition de l'itacolumite et du schiste métamorphique; les minéraux qu'il renferme sont donc ceux du *Serviço da Serra* et du *Serviço do campo*; mais ils sont plus roulés et plus arrondis, et c'est tantôt les uns, tantôt les autres qui dominent; par suite, les caractères de ce conglomérat sont très-variés Au musée de Rio-Janeiro, un morceau de quartz pur, ayant quelques pouces de diamètre, présente deux cavités qui sont toutes deux remplies par du quartz en petits fragments et par de l'oxyde de fer qui sont fortement réunis par un ciment argileux; un diamant s'observe au milieu du conglomérat dans l'une de ces cavités. On nous a assuré également que près de Diamantina, on a trouvé des diamants parmi les pierres composant les petits tubes cylindriques que certains animaux vermiformes des montagnes de la côte agglutinent à la manière des phryganes pour en faire une enveloppe servant à les protéger.

'roduits l'industrie ıumaine le Cascalho. — Un autre fait plus remarquable et qui jusqu'à présent n'a pas été signalé est la découverte, dans le *cascalho*, de petits fragments de quartz ayant la forme d'une enclume; ils ont visiblement été polis et par conséquent ils doivent avoir été fabriqués par les Indiens auxquels ils servaient sans doute de pendants d'oreille. A Grão Mayor, M. Daniel-Casimir Pinto

Coelho nous a donné un de ces quartz polis. Le *cascalho*, dans lequel il se trouvait était vierge ou non exploité et formait le lit d'un cours d'eau presque entièrement desséché; il était même recouvert par plus de 6 mètres de terre végétale sur laquelle s'étaient développés de magnifiques palmiers. Les quartz polis sont accompagnés d'autres objets taillés, notamment de pointes de flèches, et il y a aussi des ossements sur la nature desquels nous n'avons pas pu nous prononcer. Ces débris de l'industrie humaine rencontrés dans le *cascalho* vierge démontrent que son dépôt s'est opéré à une époque relativement récente et au commencement de la création actuelle; par suite aussi la race rouge doit être très-ancienne. Les savantes recherches du docteur Lund sur les ossements des cavernes jetteront vraisemblablement quelque jour sur cette importante question.

Nous indiquerons encore diverses désignations en usage dans le pays : le *cascalho* des anciens cours d'eau se nomme *Gupiara ;* celui qui s'est accumulé aux angles des rivières s'appelle *Tabuleira.* Enfin, on nomme *Corrido* les cailloux moins arrondis qui sont dans les cours d'eau actuels.

**Principaux minéraux associés au diamant.**

— L'itacolumite et le schiste métamorphique sont incontestablement le gisement originaire du diamant et de toutes les autres pierres précieuses qui l'accompagnent; toutefois, ces gemmes ne s'y rencontrent pas nécessairement, pas plus que la tourmaline verte de Campo Longo et le réalgar de Binnenthal ne s'observent dans toutes les dolomies des Alpes.

Le diamant se trouve dans les montagnes d'itacolumite de Grão Mayor et dans les nombreux cours d'eau qui y prennent leur source; dans beaucoup d'autres montagnes d'itacolumite, il existe également; mais il y est trop rare pour que sa recherche soit avantageuse. Ainsi, à la Serra do Cipo, dans le bassin du San-Francisco, nous avons vu quatre diamants qui avaient été rencontrés dans un petit cours d'eau vers la partie supérieure de cette Serra. D'un autre côté, les montagnes d'itacolumite peuvent très-bien ne pas renfermer de diamant; et c'est même ce qui a lieu pour l'Itacolumi lui-même qui a donné son nom à la roche.

Jusqu'à présent, le schiste métamorphique et décomposé de San João ou de Quinda est le seul dans lequel on ait observé le diamant; mais la grande étendue du *gurgulho do campo* dé-

montre que ce schiste est très-répandu et qu'il doit renfermer des diamants dans diverses localités.

Voici quelques remarques que nous avons faites sur la répartition et sur l'association des minéraux qui accompagnent le diamant.

L'anatase est quelquefois si pur et si transparent qu'on est tenté de le confondre avec le diamant. Il est d'ailleurs associé avec le fer oxydulé, et avec le rutile ainsi que la brookite.

L'euclase accompagne toujours la topaze et à plusieurs lieues au sud d'Ouro Preto, elle est dans une sorte d'argile blanchâtre qui paraît un produit de décomposition. Il y a aussi du fer oligiste et du rutile semblables à ceux de Saint-Gothard, de belles tourmalines noires, du quartz hyalin et enfumé ; ces minéraux se trouvent également dans le *barro* de San João, en sorte que ce dernier paraît identique avec l'argile blanchâtre des exploitations de topaze. L'euclase est beaucoup plus rare que la topaze; et comme on ne recherche plus cette dernière pour la bijouterie, il est devenu impossible de s'en procurer. Quelquefois la topaze est décomposée et alors elle est connue sous le nom de topaze pourrie.

Des minerais de tellure se rencontrent à Saint-Jozé d'Elrei et près de Saint-Vincent, entre Ouro Preto et Morro Velho; de plus, il y a du soufre natif dans un filon de quartz près de Saint-Jozé.

Les schistes cristallins de Morro Velho et de Sabara renferment de beaux cristaux de chaux carbonatée, d'arragonite, de pyrite magnétique, de pyrite de cuivre, des minerais de manganèse ; dans ceux de Congonhas il y a du plomb chromaté.

Les pyrites arsenicales s'observent dans le quartz à Ouro Preto, Morro Velho et Antonio Pereira.

La scorodite, des pseudomorphoses de limonite après la scorodite ainsi que de scorodite après le fer arsenical, se trouvent dans le schiste cristallin et dans le *tapanhoacanga* de Passagem et d'Antonio Pereira.

L'améthyste forme des filons dans le schiste cristallin et dans le gneiss. Le péridot chrysolithe, la cymophane, la tourmaline verte et transparente se recueillent dans le *cascalho* des rivières qui traversent le schiste cristallin près de Kalihao. La rivière des Américains et la rivière Pianhy paraissent être les plus riches; la première n'est plus exploitée, mais sur 20 lieues d'étendue le chemin de Kalihao paraît avoir été entièrement

fouillé ; c'est de la rivière Pianhy que provient le péridot chrysolithe qui est employé dans l'horlogerie et dans la bijouterie. C'est aussi de l'une de ces deux rivières que provient l'andalousite transparente.

Parmi les divers minéraux qui se trouvent dans la *cascalho* du Brésil, on peut encore signaler avec M. Damour : le disthène, le feldspath, le grenat almandin et spessartine, l'hydrophosphate d'alumine (*cabocolos*), le phosphate d'yttria, le phosphate d'yttria titanifère, la diaspore, la tantalite, la Baïerine, l'étain oxydé, le cinabre, le graphite (1)

L'or est d'ailleurs répandu dans toute la région des schistes diamantifères du Brésil, et il y a aussi du platine ; ces métaux restent sur la batée avec les autres minéraux que sépare le lavage du diamant.

(1) Damour. *Bulletin de la société géologique*, 2e série, t. XIII, p. 542. — *Nouvelles recherches sur les sources diamantifères.*

# EXPÉRIENCES

## SUR L'INJECTEUR AUTOMOTEUR DE M. GIFFARD.

Par M. DELOY, sous-chef de traction au chemin de fer de Paris à la Méditerranée.

---

But de cette notice.

La description de cet appareil parfaitement développée par M. Combes (1); la rapidité de ses applications dans l'industrie rendent inutiles de nouveaux détails sur son objet.

Cette notice donne les résultats d'observations que j'ai faites sur plusieurs types de locomotives, à grande, à moyenne et à petite vitesse, ainsi que des expériences spéciales qui m'ont permis d'étudier, d'une façon plus complète, la marche et les effets des injecteurs.

Avant d'entrer dans la description des expériences que j'ai faites, j'exposerai d'abord les principes qui m'ont paru servir de base à la marche et aux effets de l'injecteur, puis j'établirai la comparaison entre les résultats qui découlent des formules auxquelles je suis arrivé, et ceux qu'a donnés l'expérience.

Conditions de marche de l'appareil.

Ainsi que l'a établi M. Combes, le principe fondamental en vertu duquel la vapeur qui s'écoule d'un générateur, rentre dans ce même générateur, entraînant jusqu'à 20 fois son poids d'eau, repose sur la condensation de la vapeur avant ou immédiatement après son contact avec l'eau qu'elle refoule ; les deux

---

(1) *Annales des mines*, 5e série, t. XV, p. 169.

effets paraissent avoir lieu. Après la condensation vient une seconde condition qui ne pourrait être remplie sans la première ; il faut que l'orifice par où s'écoule la vapeur soit plus grand que celui par lequel s'introduit dans le tube injecteur le mélange d'eau et de vapeur.

**Etablissement des formules qui donnent la vitesse du mélange d'eau et de vapeur condensée dans le tube injecteur.**

Soit : $m$, la masse de vapeur qui s'écoule dans l'unité de temps par l'orifice du cône creux.

$v$, sa vitesse, lorsqu'elle rencontre l'eau.

$q$, sa masse spécifique.

$a$, la section du cône qui lui donne issue.

P, la pression absolue de la vapeur dans la chaudière.

P', la pression atmosphérique.

M, la masse d'eau refoulée par la vapeur.

$q'$, la masse spécifique de cette eau.

$u$, la vitesse du mélange $m+M$ à l'air libre.

$\omega$, une section telle que l'on ait $m+M=q'\omega u$.

$v'$, la vitesse de la masse $m+M$, dans la section la plus étroite du tube injecteur, lorsque le refoulement de l'eau dans la chaudière peut être considéré comme ayant un régime permanent.

$\omega'$ cette section du tube injecteur.

$u'$ la vitesse avec laquelle s'écoulerait l'eau du générateur sous la pression P par l'orifice $\omega'$.

La masse $m$ vient frapper avec la vitesse $v$ la masse d'eau M dont la vitesse peut être négligée par rapport à la vitesse $v$.

Après le choc, les masses $m+M$ continuent à se mouvoir avec la vitesse commune $u$. Je supposerai,

pour simplifier les calculs, la masse spécifique de l'eau du générateur, et celle du jet égale à $q'$.

En tenant compte des forces intérieures dues au choc, le théorème des forces vives fournit la relation :

$$m\left(\frac{u^2-v^2}{2}\right)+\frac{Mu^2}{2}+m\left(\frac{u-v}{2}\right)^2+\frac{Mu^2}{2}=0.$$

Et toutes réductions faites,

$$u=\frac{m \,.\, V}{m+M}. \qquad (A)$$

Le principe de la conservation des quantités de mouvement, indépendamment de toutes actions et réactions réciproques dans le système, donne tout de suite l'équation (A). Refoulen du jet li dans le généra

La masse $m+M$, que j'appellerai $M_1$, s'engage dans le tube injecteur avec la vitesse $u$, soulève le clapet sur lequel s'exerce la pression P, et pénètre dans le générateur. La vitesse $u$ diminue rapidement, et le refoulement s'établit dans la section $\omega'$ suivant un régime qui peut être considéré comme permanent avec la vitesse $v'$. Je vais déterminer la condition nécessaire pour que cet effet ait lieu. En égalant l'accroissement total des forces vives de la masse $M_1$ pendant l'unité de temps au double de la somme des travaux des forces qui agissent sur cette masse pendant le même temps, j'obtiens l'équation :

$$M_1(v'^2-u^2)=-2\,.\,P\omega'v'.$$

Observant que

$$M_1=q'\omega'v' \quad \text{et} \quad P=\frac{q'u'^2}{2},$$

on a pour $v'$ l'expression

$$v'=\sqrt{u^2-u'^2}. \qquad (B)$$

$u$ est inconnue; mais j'ai supposé $M_1=q'\omega u$, si je choisis $\omega'=\omega$.

On peut, à l'aide de la formule (A), faire disparaître $u$ de (B) qui devient :

$$v' = \sqrt{\frac{qv^2}{q'}\varphi - u'^2}. \qquad \text{(C)}$$

$m$ étant égal à $qav$ et posant

$$\frac{a}{\omega'} = \varphi.$$

Pour que le refoulement puisse se faire dans le générateur, on doit avoir

$$\frac{qv^2}{q'}\varphi > u'^2.$$

D'après l'équation (A), la quantité d'eau injectée sera d'autant plus grande que $u$ ou son égal $\sqrt{\frac{qv^2}{q'}\varphi}$ sera plus petit.

La limite de $u$ est $u'$. On a dans ce cas

$$v' = 0 \quad \text{et} \quad qv^2\varphi = q'u'^2.$$

Comme il y a équilibre,

$$qv^2 = q'u'^2 \,.\, \varphi = 1.$$

La marche de l'injecteur est donc soumise à deux conditions :

1° Condensation de la vapeur avant son entrée dans l'injecteur ;

2° $\varphi > 1$, c'est-à-dire la section par où s'écoule la vapeur supérieure à la section du tube injecteur.

ximum La masse d'eau qui s'introduit dans la section $\omega'$ de
débit. l'injecteur est donnée par la formule :

$$M_1 = q'\omega'v' = \frac{q'a}{\varphi}\sqrt{\frac{qv^2\varphi}{q'} - u'^2}.$$

La condition pour que le débit soit maximum s'obtiendra en égalant à zéro le coefficient différentiel $\frac{d \,.\, M_1}{d \,.\, \varphi}$.

On déduit de là

$$\varphi = 2 \cdot \frac{q'}{q} \cdot \frac{u'^2}{v^2}.$$

La relation $q'u'^2 = qv^2$ donnerait $\varphi = 2$ et $v' = u'$.

J'ai trouvé dans les expériences $v' = 0$ pour $\varphi = 1$.

On a dans ce cas $q'u'^2 = qv^2$.

Si l'on admet que cette relation subsiste, pendant le refoulement du jet dans le générateur, la valeur de $v'$ devient :

$$v' = u' \sqrt{\varphi - 1}.$$

**L'injection peut se faire dans un milieu où la pression est supérieure à celle du générateur où l'on prend la vapeur.**

La pression dans le générateur étant toujours représentée par P, j'appelle $P_1$ la pression qui a lieu dans le récipient, et je fais

$$qv^2 = K \cdot P \cdot q'u'^2 = K \cdot P_1,$$

K étant un coefficient constant indépendant de P et $P_1$, la formule (C) devient

$$v' = \sqrt{\frac{K}{q'} (\varphi P - P_1)}.$$

$P_1 = \varphi P$ est la plus grande valeur que puisse prendre la pression du milieu qui reçoit le liquide injecté.

Les expériences que j'ai faites m'ont permis de vérifier l'exactitude de cette relation dans les locomotives; d'abord en prenant la vapeur dans une chaudière où elle était maintenue à une certaine pression et en injectant dans une chaudière où la pression était différente; ensuite en injectant à l'air libre dans un tuyau dont je faisais varier la section par un robinet à hélice.

**Rapport entre le poids d'eau injectée et le poids de vapeur injectant.**

Le rapport entre les poids d'eau et de vapeur lancés par le tube injecteur varie en sens inverse de la pression dans le générateur. La théorie indique ce fait, l'expérience le vérifie (1).

---

(1) M. Combes a établi, dès le début, ce principe dans son mémoire sur l'injecteur (*Annales des mines*, 5e série, tome XV, page 177.

# EXPÉRIENCES

## SUR L'INJECTEUR AUTOMOTEUR DE M. GIFFARD.

Par M. DELOY, sous-chef de traction au chemin de fer de Paris à la Méditerranée.

---

**But de cette notice.**

La description de cet appareil parfaitement développée par M. Combes (1) ; la rapidité de ses applications dans l'industrie rendent inutiles de nouveaux détails sur son objet.

Cette notice donne les résultats d'observations que j'ai faites sur plusieurs types de locomotives, à grande, à moyenne et à petite vitesse, ainsi que des expériences spéciales qui m'ont permis d'étudier, d'une façon plus complète, la marche et les effets des injecteurs.

Avant d'entrer dans la description des expériences que j'ai faites, j'exposerai d'abord les principes qui m'ont paru servir de base à la marche et aux effets de l'injecteur, puis j'établirai la comparaison entre les résultats qui découlent des formules auxquelles je suis arrivé, et ceux qu'a donnés l'expérience.

**Conditions de marche de l'appareil.**

Ainsi que l'a établi M. Combes, le principe fondamental en vertu duquel la vapeur qui s'écoule d'un générateur, rentre dans ce même générateur, entraînant jusqu'à 20 fois son poids d'eau, repose sur la condensation de la vapeur avant ou immédiatement après son contact avec l'eau qu'elle refoule ; les deux

---

(1) *Annales des mines*, 5e série, t. XV, p. 169.

On a

$$\frac{M_1}{m} = \frac{V}{u'}$$

pour le débit maximum.

La valeur de $v$ peut être prise entre les deux limites suivantes :

$$1^\circ \quad v = \sqrt{2\left(\frac{P - P'}{q}\right)};$$

$$2^\circ \quad v = \sqrt{2 \cdot \frac{P'}{q} \cdot \text{log. hyp. } \frac{P}{P'}}.$$

Dans le premier cas, $q$ exprime la masse spécifique de la vapeur sous la pression P;

Dans le deuxième cas, $q$ exprime la masse spécifique de la vapeur sous la pression P'.

Quelle que soit la formule adoptée, le principe énoncé plus haut subsiste.

*Premier cas.* On a

$$v = \sqrt{2\left(\frac{P - P'}{q}\right)}, \quad u' = \sqrt{2\left(\frac{P - P'}{q'}\right)},$$

et par suite

$$\frac{M_1}{m} = \sqrt{\frac{q'}{q}}.$$

On voit, d'après cette formule, que le rapport $\frac{M_1}{m}$ diminuera, quand la pression de la vapeur augmentera.

*Deuxième cas.* L'adoption de la deuxième formule pour l'expression de $v$ donne la relation

$$\frac{M_1}{m} = \sqrt{\frac{q'}{q}} \cdot \sqrt{\frac{P'}{P - P'} \cdot \text{log. hyp. } \frac{P}{P'}}.$$

Je pose

$$\frac{P}{P'} = \frac{n+z}{n},$$

$z$ étant positif.

Le développement de la fonction logarithmique donne :

$$\text{log. hyp.}\ \frac{P}{P'} = \text{log.}\left(\frac{n+z}{n}\right) = \text{log.}\,(n+z) - \text{log.}\,n =$$

$$= .\ 2A\left\{\frac{z}{2n+z} + \frac{1}{3}\left(\frac{z}{2n+z}\right)^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{z}{2n+z}\right)^5 + \ldots\right\}$$

On a également :

$$P - P' = P'.\ \frac{z}{n}.$$

La substitution de ces deux valeurs dans l'expression ci-dessus donné, en faisant $A = 1 .\ n = 1$ :

$$\frac{P'}{P-P'}.\ \text{log.}\ \frac{P}{P'} = \frac{2}{z}\left\{\frac{z}{2+z} + \frac{1}{3}\left(\frac{z}{2+z}\right)^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{z}{2+z}\right)^5 + \ldots\right\}$$

La valeur de cette expression diminue à mesure que $z$ et par conséquent la pression P augmente ; donc le rapport $\frac{M_1}{m}$ diminue également quand la pression augmente.

On peut faire varier le débit, soit en faisant varier l'espace annulaire qui donne passage à l'eau entre le cône fixe et le cône creux mobile, l'orifice d'écoulement de la vapeur restant constant ; soit en faisant varier simultanément ces deux orifices. Dans les deux cas, les quantités minima sont établies d'après les équations qui règlent le rapport limite $\frac{m}{M}$, la température du mélange étant portée à son point maximum. Variations dans le débit

Soit M', M'', les masses d'eau maxima et minima qu'une masse $m$ de vapeur peut injecter dans un générateur. 1re méthode.

$\theta$, $\theta''$, les températures correspondantes du mélange.

On peut écrire les relations :

$$\frac{M'}{m}=\frac{a+b.T-\theta'}{\theta'-t}, \qquad \text{(I)}$$

$$\frac{M''}{m}=\frac{a+b.T-\theta''}{\theta''-t}.$$

On déduit de là

$$\frac{M'}{M''}=\frac{a+b.T-\theta'}{a+b.T-\theta''}\times\frac{\theta''-t}{\theta'-t}$$

(la chaleur latente est calculée d'après la formule de Regnault).

$\theta''$ ayant été déterminé expérimentalement, reste à éliminer $\theta'$.

L'équation (I) donne :

$$\frac{M'+m}{m}=\frac{a+b.T-t}{\theta'-t},$$

et par suite

$$\theta'-t=(a+b.T-t)\frac{m}{m+M'}=(a+b.T-t)\frac{q}{q'}.\frac{v}{u'}.\frac{\varphi}{\sqrt{\varphi-1}}.$$

La substitution de $\theta'-t$ dans l'équation précédente donne, toute réduction faite, l'équation finale :

$$\frac{M'}{M''}=\frac{a+b.T}{a+b.T-\theta''}.\frac{\theta''-t}{a+b.T-t}.\frac{q'}{q}.\frac{u'}{v}.\frac{\sqrt{\varphi-1}}{\varphi}-$$
$$-\frac{\theta''-t}{a+b.T-\theta''}.$$

thode. Soit $M''$, la masse d'eau minima qu'on peut injecter, et $m'$ la masse de vapeur qui s'écoule par une orifice variable.

On peut écrire la relation :

$$\frac{M'''}{m'}=\frac{a+b.T-\theta''}{\theta''-t}=\frac{a'}{v}\frac{\sqrt{\varphi-1}}{\varphi}-\frac{q}{q'},$$

dans laquelle $\varphi$ est l'inconnue.

Si l'on fait

$$\frac{a+b.T-\theta''}{\theta''-t},$$

où tout est connu, égal à A. On obtient, après réduction, pour la valeur de $\varphi$, l'équation :

$$\varphi=\frac{1}{2}\cdot\frac{q'^2}{q^2}\cdot\frac{u'^2}{v^2}\cdot\frac{1}{(1+A)^2}\pm$$

$$\pm\sqrt{\frac{q'^2}{q^2}\cdot\frac{u'^2}{v^2}\frac{1}{(1+A)^2}\left[\frac{q'^2}{q^2}\cdot\frac{u'^2}{v^2}\cdot\frac{1}{(1+A)^2}\cdot\frac{1}{4}-1\right]}.$$

Toutes les quantités, qui sont dans le deuxième membre, étant connues, la valeur de $\varphi$ se trouve déterminée et par suite le rapport $\frac{M'''}{m'}$. Le radical doit être pris avec le signe —. Les valeurs trouvées pour $\frac{M'}{M''}$, $\frac{M'}{M'''}$ et $\varphi$ sont sensiblement égales à celles trouvées dans les expériences.

$\varphi$ étant connu, le rapport $\frac{M'}{M''}$ se trouve déterminé.

La formule $v'=u'\sqrt{\varphi-1}$ suppose le débit maximum; mais on en déduit facilement la nouvelle valeur de $v'$, en tenant compte de la température du mélange, lorsqu'on fait varier le débit. Remarq

En effet, M' représentant le débit maximum, et M le débit variable, $v'$ la vitesse du jet correspondant au débit maximum et $v''$ la vitesse correspondant au débit variable, $\theta'$ et $\theta$ les valeurs analogues de la température du mélange, on a :

$$\frac{m+M'}{m+M}=\frac{\theta-t}{\theta'-t}=\frac{v'}{v''}.$$

La substitution de $\theta'-t$, trouvée précédemment, dans cette formule, donne la relation :

$$\frac{v'}{v''}=\frac{\theta-t}{a+b.\mathrm{T}-t}\cdot\frac{q'}{q}\cdot\frac{u'}{v}\cdot\frac{\sqrt{\varphi-1}}{\varphi};$$

cette formule permet de calculer $v''$.

*[Tem]pérature de [l'eau] aspirée.* L'eau, avant son mélange avec la vapeur, peut être élevée à une température qui varie en sens inverse de la pression.

La température maxima se déduit des équations précédentes; elle est donnée par la formule :

$$t=\frac{m}{\mathrm{M}}(a+b.\mathrm{T}-\theta'),$$

$\theta'$ étant la température maxima du mélange.

### *Résultats d'expériences.*

Les expériences que j'ai faites ont eu pour but :

1° De rechercher si la vapeur abandonnait intégralement sa chaleur au jet qu'elle engendre;

2° Comment on pouvait faire varier le débit et dans quelle limite;

3° Comment variait la température du jet avec le débit;

4° Quelle était la température maxima à laquelle pouvait s'élever le mélange;

5° Quelle était la température maxima à laquelle on pouvait porter l'eau avant l'injection.

6° Quelle était la limite de pression sous laquelle on pouvait injecter, la vapeur s'écoulant sous une pression indéterminée.

7° Quelle était l'influence des injecteurs dans l'ali-

mentation des générateurs et principalement dans les locomotives.

L'injecteur employé aux expériences avait les dimensions suivantes : Description de l'appareil qui a servi aux expériences.

| | | m. |
|---|---|---|
| Diamètre de l'orifice qui donne issue à la vapeur, | = | 0,016 |
| Diamètre de la section ω' . . , . . . . . . . . . . . | = | 0,012 |
| | φ = | 1,7777 |

L'injecteur était installé (Pl. II, *fig.* 6 et 7) entre une cuve où il aspirait l'eau et un réservoir fermé complétement où le jet liquide était refoulé.

La vapeur était prise dans une chaudière de locomotive ayant 132 mètres cubes de surface de chauffe.

Un manomètre placé sur la chaudière indiquait la pression de la vapeur dans la chaudière ; deux autres, placés près de l'injecteur, indiquaient : l'un, la pression de la vapeur avant son entrée dans l'injecteur ; l'autre, la pression dans la colonne de refoulement : ces deux pressions étaient toujours égales ; la deuxième était réglée par un robinet à hélice.

La pression accusée par le manomètre placé sur la chaudière a toujours été supérieure de 1/2 atmosphère à celle accusée par la manomètre placé à l'extrémité de la conduite de vapeur : cette différence était due à la dilatation de la vapeur dans la conduite.

Un thermomètre indiquait la température de la vapeur avant son entrée dans l'injecteur ; deux autres placés, l'un sur le tuyau de refoulement, l'autre sur le côté du récipient, indiquaient la température du liquide injecté : les tuyaux étaient protégés contre le refroidissement extérieur par une enveloppe épaisse de lisière de drap.

La cuve et le réservoir étaient placés sur des bascules fixes donnant des pesées de 4.000 kil., avec

approximation de 1 kil. ; avant la mise en marche, on interceptait la communication entre la cuve, le réservoir et l'injecteur ; puis on faisait arriver la vapeur dans une petite bâche à condensation, jusqu'à ce que le tuyau de conduite de vapeur fût suffisamment échauffé pour qu'il n'y ait plus de condensation par l'effet du tuyau. On fermait alors le robinet qui conduisait la vapeur dans le condenseur, et l'on ouvrait en même temps les robinets $g$ et $o$.

A la fin de l'opération, on obtenait par différences successives :

Le poids d'eau aspirée, le poids d'eau et de vapeur refoulées dans le réservoir $c$, et enfin le poids de vapeur écoulée.

La température de l'eau aspirée, celle de la vapeur avant son entrée dans l'injecteur, celle du jet, ainsi que les poids d'eau et de vapeur fournissaient les éléments nécessaires au calcul des pertes de calories qui avaient pu avoir lieu pendant le travail de la vapeur.

J'ai fait un assez grand nombre d'expériences à des pressions et à des températures variables ; le résumé de ces expériences se trouve inscrit au tableau ci-joint (1).

J'ai calculé les valeurs de $v$ et $qg$ à l'aide des formules :

$qv^2 = q'u'^2$, et $qgav = p$, $p$ étant le poids de vapeur qui s'écoulait par seconde par la section $a$.

La formule $v = u'\sqrt{\frac{q'}{q}}$ n'est pas donnée comme une formule rigoureuse, mais comme représentant assez exactement les résultats que j'ai obtenus.

---

(1) Voir le tableau à la fin de ce mémoire.

*Tableau indiquant les températures limites auxquelles on peut élever l'eau avant l'aspiration.*

| PRESSION de la vapeur dans la chaudière. | TEMPÉRATURE MAXIMA de l'eau avant l'aspiration déduite de l'expérience. | TEMPÉRATURE de l'eau déterminée par le calcul. |
|---|---|---|
| ath. | | |
| 2,00 | 63° | 07° 00 |
| 3,00 | 61 | 65 00 |
| 3,50 | 60 | 63 00 |
| 4,00 | 58 | 61 50 |
| 4,50 | 56 | 59 00 |
| 5.00 | 54 | 57 50 |
| 6,00 | 49 | 56 00 |
| 7,00 | 46 | 54 80 |
| 8,00 | 44 | 53 60 |

A ces limites, l'alimentation est incomplète; une quantité d'eau assez notable est rejetée par le tuyau purgeur.

D'après ces expériences, on peut admettre les conclusions suivantes : Conséquences des expériences.

1° Toute la chaleur renfermée dans la vapeur se retrouve dans le jet. Les pertes qui peuvent exister sont insignifiantes, en supposant même qu'elles soient l'équivalent du travail dynamique produit; car ce travail est faible relativement à celui développé par la machine.

2° On peut faire varier le débit de l'injecteur, soit en faisant varier l'espace annulaire compris entre le cône fixe et le cône mobile, l'orifice de la vapeur restant constant; soit en faisant varier simultanément ces deux orifices : la différence entre ces deux variations est faible. On peut admettre que le débit de l'injecteur est susceptible de varier entre les rapports $\frac{4}{7}$ et $\frac{1}{2}$.

3° Dans le mélange d'eau et de vapeur qui constituent le jet, la température suit la loi de Regnault.

4° La température du jet peut s'élever jusqu'à 98° ; mais cette température ne doit être considérée que comme une limite extrême, limite que l'on ne peut atteindre dans une alimentation régulière. Je crois que l'on doit adopter le chiffre 85° pour être assuré d'un jet continu.

5° La température de l'eau avant l'aspiration doit croître en sens inverse de la pression de la vapeur. Pour une pression de 8 atmosphères, le chiffre 40° peut être atteint avec toute certitude de marche. Cette température est largement suffisante pour obvier aux inconvénients de la gelée dans les tuyaux de raccordement.

6° La vapeur qui s'écoule d'un générateur sous une certaine pression peut refouler l'eau dans un récipient où la pression est plus élevée. Le rapport entre la pression maxima qui peut exister dans le récipient et celle à laquelle la vapeur est soumise, est égal au rapport qui existe entre l'orifice qui termine le cône creux par où s'écoule la vapeur, et la section minima du tube injecteur.

7° Un injecteur de dimensions convenables est presque l'égal de la pompe pour la facilité avec laquelle on peut régler l'alimentation ; sous le rapport de la certitude dans l'alimentation, et de l'entretien, il est supérieur.

L'absence d'un clapet d'aspiration, le clapet de refoulement qui est toujours levé pendant la marche de l'appareil, l'unique garniture du cône creux, enlèvent à l'injecteur tous les inconvénients inhérents aux organes si délicats des pompes.

L'usure des tuyaux de refoulement, la rupture des chapelles, la détérioration des boulets ou clapets qui sont un sujet de dépense très-appréciable dans une loco-

motive, en même temps qu'une cause de dérangement dans la marche, disparaissent presque complétement avec l'emploi de l'injecteur.

Dimensions qu'il convient de donner aux sections $\alpha$ et $\omega'$ pour les injecteurs des locomotives.

Les quantités $a$ et $\omega'$ ont généralement des valeurs trop élevées pour les injecteurs qui doivent alimenter les locomotives. J'ai fait des expériences qui avaient pour but de déterminer la consommation de combustible et d'eau dans différents types de locomotives se remorquant seules, et avec charge.

Le tableau ci-dessous indique le résumé de ces expériences relativement à la consommation d'eau.

| TYPES DES MACHINES. | Surface de chauffe. | Poids de la machine et du tender chargés. | Charge brute remorquée, machine et tender déduits. | Vitesse en kilomètre par heure. | Eau consommée par minute pour la machine et le tender. | Eau consommée par minute pour la charge remorquée. | Eau consommée pour la charge totale. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m.c. | ton. | ton. | k. | k. | k. | k. |
| Roues libres (voyageurs) . . . . . | 82 | 41 | 104 | 45 | 16 | 21 | 37 |
| *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . | 91 | 44 | 136 | 45 | 26 | 21 | 47 |
| *Id.* Crampton. . . . . . . . . . . | 100 | 44 | 81 | 60 | 32 | 18 | 50 |
| 4 roues couplées (voyageurs). . . . | 85 | 43 | 136 | 45 | 25 | 20 | 45 |
| 6 roues couplées (marchandises). | 132 | 49 | 350 | 25 | 14 | 26 | 40 |
| *Id* . . . . . . . . . . . . . . . | 132 | 54 | 350 | 25 | 20 | 22 | 42 |

Les résultats donnés dans ce tableau sont les moyennes d'un assez grand nombre d'expériences; en ajoutant à ces chiffres 35 p. 100 de leur valeur, on obtiendra des consommations qui pourront être considérées comme correspondant aux résistances maxima, et d'après lesquelles les quantités $a$ et $\omega'$ pourront être déterminées.

En calculant ces dimensions pour un débit de 70 kil. par minute et des machines analogues à celles du tableau ci-dessus, on pourra parer à toutes les éventualités.

Il conviendrait, d'après cela. de donner à la section $a$ un diamètre égal à $0^m,0114$, à la section $\omega'$ un diamètre égal à $0^m,008$, et d'adopter pour $\varphi$ le chiffre 2.

Il n'y a pas lieu de faire varier les quantités $a$ et $\omega'$ dans la construction des injecteurs, suivant qu'ils doivent alimenter des machines à marchandises ou des machines à voyageurs; la consommation d'eau dans l'unité de temps étant à peu près la même dans les deux cas; la faculté de pouvoir appliquer un type unique à toutes les séries de machines rend évident l'avantage de cette uniformité.

J'ai suivi la marche de plusieurs injecteurs qui fonctionnent depuis dix mois sur la ligne de Lyon, appliqués à des machines de types différents. L'alimentation n'a jamais subi la moindre perturbation; il n'y a jamais eu de rupture, ni dans les joints ni dans les tuyaux. Quant à l'influence de ce mode d'alimentation sur la consommation en combustible, on peut dire qu'elle est nulle, et l'on ne voit pas, en effet, de raisons pour qu'il en soit autrement. Il faut observer néanmoins que l'injecteur, malgré son extrême simplicité, est un organe mécanique nouveau entre les mains des mécaniciens, et qu'il ne peut, à son début, révéler tous les avantages qu'il sera susceptible de donner plus tard, quand ceux qui s'en servent auront appris à en tirer le meilleur parti possible.

Remarque. Pour mieux apprécier s'il y avait réellement perte de chaleur dans le travail de la vapeur pendant l'injection, j'ai envoyé directement dans le réservoir C, rempli préalablement d'une certaine quantité d'eau la vapeur du générateur, en la faisant passer dans l'injecteur et en fermant le robinet du tuyau d'alimentation pour empêcher l'entraînement de l'eau. La perte de calories

dans ce cas n'a pas été moindre que pendant la marche de l'injecteur.

J'ai constaté dans ces expériences que la quantité de vapeur qui s'écoulait par la section $\alpha$ était moins considérable lorsqu'elle arrivait directement dans le réservoir C, où elle se condensait, que lorsqu'elle y refoulait l'eau. Ce fait tient sans doute à ce que la vapeur se détend beaucoup plus dans le premier cas que dans le second.

Pour une pression de 7 atmosphères, le poids de vapeur qui s'écoulait pendant la marche de l'injecteur était de $0^{k},205$ par seconde; pour la même pression, le poids de vapeur qui passait directement dans le réservoir C n'était plus que de $0^{k},120$ par seconde.

4° La température du jet peut s'élever jusqu'à 98° ; mais cette température ne doit être considérée que comme une limite extrême, limite que l'on ne peut atteindre dans une alimentation régulière. Je crois que l'on doit adopter le chiffre 85° pour être assuré d'un jet continu.

5° La température de l'eau avant l'aspiration doit croître en sens inverse de la pression de la vapeur. Pour une pression de 8 atmosphères, le chiffre 40° peut être atteint avec toute certitude de marche. Cette température est largement suffisante pour obvier aux inconvénients de la gelée dans les tuyaux de raccordement.

6° La vapeur qui s'écoule d'un générateur sous une certaine pression peut refouler l'eau dans un récipient où la pression est plus élevée. Le rapport entre la pression maxima qui peut exister dans le récipient et celle à laquelle la vapeur est soumise, est égal au rapport qui existe entre l'orifice qui termine le cône creux par où s'écoule la vapeur, et la section minima du tube injecteur.

7° Un injecteur de dimensions convenables est presque l'égal de la pompe pour la facilité avec laquelle on peut régler l'alimentation ; sous le rapport de la certitude dans l'alimentation, et de l'entretien, il est supérieur.

L'absence d'un clapet d'aspiration, le clapet de refoulement qui est toujours levé pendant la marche de l'appareil, l'unique garniture du cône creux, enlèvent à l'injecteur tous les inconvénients inhérents aux organes si délicats des pompes.

L'usure des tuyaux de refoulement, la rupture des chapelles, la détérioration des boulets ou clapets qui sont un sujet de dépense très-appréciable dans une loco-

motive, en même temps qu'une cause de dérangement dans la marche, disparaissent presque complétement avec l'emploi de l'injecteur.

**Dimensions qu'il convient de donner aux sections $\alpha$ et $\omega'$ pour les injecteurs des locomotives.**

Les quantités $a$ et $\omega'$ ont généralement des valeurs trop élevées pour les injecteurs qui doivent alimenter les locomotives. J'ai fait des expériences qui avaient pour but de déterminer la consommation de combustible et d'eau dans différents types de locomotives se remorquant seules, et avec charge.

Le tableau ci-dessous indique le résumé de ces expériences relativement à la consommation d'eau.

| TYPES DES MACHINES. | Surface de chauffe. | Poids de la machine et du tender chargés. | Charge brute remorquée, machine et tender déduits. | Vitesse en kilomètre par heure. | Eau consommée par minute pour la machine et le tender. | Eau consommée par minute pour la charge remorquée. | Eau consommée pour la charge totale. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m.c. | ton. | ton. | k. | k. | k. | k. |
| Roues libres (voyageurs) . . . . . | 82 | 41 | 104 | 45 | 16 | 21 | 37 |
| *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . . | 91 | 44 | 136 | 45 | 26 | 21 | 47 |
| *Id.* Crampton. . . . . . . . . . . . | 100 | 44 | 81 | 60 | 32 | 18 | 50 |
| 4 roues couplées (voyageurs). . . . | 85 | 43 | 136 | 45 | 25 | 20 | 45 |
| 6 roues couplées (marchandises). | 132 | 49 | 350 | 25 | 14 | 26 | 40 |
| *Id* . . . . . . . . . . . . . . . . | 132 | 54 | 350 | 25 | 20 | 22 | 42 |

Les résultats donnés dans ce tableau sont les moyennes d'un assez grand nombre d'expériences; en ajoutant à ces chiffres 35 p. 100 de leur valeur, on obtiendra des consommations qui pourront être considérées comme correspondant aux résistances maxima, et d'après lesquelles les quantités $a$ et $\omega'$ pourront être déterminées.

En calculant ces dimensions pour un débit de 70 kil. par minute et des machines analogues à celles du tableau ci-dessus, on pourra parer à toutes les éventualités.

# EXTRAIT

## D'UNE NOTICE THÉORIQUE ET PRATIQUE SUR L'INJECTEUR AUTOMOTEUR PAR M. GIFFARD (1).

Par M. COMBES, inspecteur général, directeur de l'École des mines.

M. Giffard a publié lui-même sur le remarquable appareil dont il est l'inventeur une notice dont il nous a paru utile d'insérer un extrait, à la suite du mémoire de M. Deloy. Les figures de la Pl. III, qui représentent l'injecteur, sont empruntées à la publication de M. Giffard. Il donne le nom de *tuyère* au tube ou ajutage conique *cc* par lequel sort la vapeur émise par la chaudière, et dans l'intérieur duquel peut s'enfoncer plus ou moins profondément l'aiguille *e*, terminée par un cône plein. La tuyère peut être elle-même plus ou moins engagée dans l'intérieur de la cheminée *bb*, par l'orifice de laquelle jaillit, dans un espace communiquant avec l'atmosphère, la veine formée du mélange d'eau liquide amenée par le tuyau H et de la vapeur condensée complétement ou en partie. A une petite distance, cette veine est reçue dans l'ajutage divergent *aa''*, légèrement évasé à sa partie antérieure de *a* en *a'*. La cheminée et l'ajutage sont entourés d'une enveloppe cylindrique percée de quelques ouvertures *k*; l'excès de vapeur et l'eau qui rejaillit, soit lors de la mise en train, soit accidentellement, sont reçus dans cette enveloppe et évacués par le tuyau dit de *trop plein o*.

(1) Paris, chez H. Flaud, rue Jean-Goujon, 27 (1860).

M est la soupape de retenue qui prévient l'issue de la vapeur ou de l'eau de la chaudière, pendant que l'appareil ne fonctionne pas.

Les proportions données par l'auteur, pour les diverses parties de l'appareil, sont les suivantes :

*Ajutage divergent.*

Le diamètre de la section minimum en *a* étant représenté par. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1

La longueur de la partie divergente de *a* en *a''* est :

Pour la basse pression, environ. . . . . . . . . . 20

Pour la haute et la moyenne pression. . . . . . . 30

Le vide intérieur de l'ajutage divergent est une surface de révolution dont la génératrice est un arc de cercle tournant sa convexité vers l'axe, dont le centre est situé sur le prolongement d'un diamètre de la section *a* et dont le rayon est égal :

Pour la basse pression à environ. . . . . . . . . 200

Pour la moyenne et haute pression à. . . . . . . 300

Il en résulte que l'inclinaison de la tangente à la génératrice sur l'axe de l'ajutage est nulle en *a* et égale respectivement à 6 ou 4 degrés, à l'autre extrémité du tube, suivant que l'appareil est construit pour la basse, ou pour la moyenne et la haute pression, et que le diamètre intérieur de l'ajutage divergent au gros bout est à peu près égal à. . . . . . . . . . . . 3

L'évasement antérieur de l'ajutage de *a* en *a'* a pour génératrice un arc de cercle dont le centre est sur le prolongement d'un diamètre de la section transversale *minima* et dont le rayon est égal à. . . . . 7 ou 8

Le diamètre du tube à l'extrémité de l'évasement est. 1,8 à 2

L'intervalle compris entre la cheminée et l'ajutage, dans lequel la veine liquide est soumise à la pression atmosphérique, est. . . . . . . . . . . . . . . . 1,9 à 2

*Cheminée.*

Le vide intérieur est formé par deux troncs de cône dont les génératrices sont raccordées entre elles par un

arc circulaire. Le second tronc de cône s'épanouit dans la chambre où arrive l'eau d'alimentation par un évasement dont la génératrice est un arc de cercle.

| | | |
|---|---|---|
| Diamètre intérieur de l'orifice de la cheminée. . | | 1,3 |
| Épaisseur de la paroi. . . . . . . . . . . . . . . . | | 0,25 à 0,35 |
| L'arête extérieure est arrondie. | | |
| Demi-angle au centre du premier tronc de cône. | | 2° 30′ |
| Diamètre intérieur de la grande base du premier tronc de cône ou de la petite base du deuxième. | Basse pression jusqu'à 3at,5 | 1,8 |
| | Moyenne et haute pression jusqu'à 10 atmosphères. . | 2,2 |
| | Au-dessus de 10 atmosphères. . . . . . . . . . | 2,5 |
| Longueur du premier tronc. . . . . . . . | Basse pression. . . . . . . . | 6 |
| | Moyenne et haute pression. | 10 |
| | Très-haute pression. . . . . | 14 |
| Demi-angle au centre du deuxième tronc de cône. | | 7° à 7 1/2° |
| Longueur de ce tronc de cône. . . . . . . . . . . | | 4 |
| Diamètre du tronc à l'endroit où il s'épanouit circulairement. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 2,8 à 3,5 |
| Rayon de l'arc de cercle d'évasement. . . . . . . | | 3 |
| Le raccordement entre les génératrices des deux troncs de cône est opéré par un arc de cercle d'un rayon égal à . . . . . . . . . . . . . . . . | | 30 ou 40 |

*Tuyère.*

Le vide intérieur de la tuyère et la paroi extérieure sont des troncs de cône évasés près du point où la tuyère est vissée sur le conduit cylindrique qu'elle termine.

| | | |
|---|---|---|
| Le demi-angle au centre de la paroi extérieure de la tuyère est exactement le même que celui du deuxième tronc de cône de la cheminée. . . . . . . . . . . | | 7° à 7° 1/2 |
| Le demi-angle au centre du vide tronc conique intérieur et de la pointe de l'aiguille *e*. . . . . . . | | 5° 1/2 à 6° |
| Diamètre intérieur de l'orifice de la tuyère. | Pour la basse pression. . . . . | 1,4 |
| | Moyenne et haute pression. . | 1,3 |
| Diamètre extérieur de la tuyère à l'orifice. | Basse pression. . . . . . . . . | 1,7 |
| | Moyenne et haute. . . . . . . | 1,8 |

*Piston ou conduit cylindrique terminé par la tuyère.*

| | | |
|---|---|---|
| Diamètre intérieur. | Pour appareils jusqu'à 3 millimètres de diamètre de la section minimum de l'ajutage. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,8 |
| | *Id.* de 4 à 6 millimètres de la même section . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,5 |
| | *Id.* de 7 à 10. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,2 |
| | Au-dessus de 10. . . . . . . . . . . . . . . | 4 |

*Aiguille.*

Le demi-angle au centre de l'aiguille est de 5° 1/2 à 6°, le même que celui du vide intérieur de la tuyère.

Diamètre maximum du renflement qui ferme la tuyère :

Pour appareils jusqu'à 3 millimètres d'entrée d'eau. 2,6

*Id.* de 4 à 6 millimètres. . . . . . . . . . . . . . . . 2,4

*Id.* de 7 à 10. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2,2

*Id.* Au-dessus de 10. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2

La pointe du cône de l'aiguille est enlevée sur une longueur de. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 à 1,5 et remplacée par une partie arrondie.

Course totale de l'aiguille, depuis la fermeture de la tuyère jusqu'à la rentrée suffisante de la pointe dans l'intérieur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 9 à 10

La longueur du pas de la vis est réglée de sorte que l'ouverture entière se fasse en trois tours de manivelle.

La section totale des petits trous par lesquels la vapeur s'introduit dans l'intérieur du cylindre doit être environ 20 fois celle de la tuyère.

La largeur de l'espace annulaire compris, à la hauteur des trous, entre la paroi externe du piston et la douille qui l'enveloppe, sera d'environ. . . . . 1,5

Voici, d'après M. Giffard, ce que fournit l'injecteur par heure et par millimètre carré de la section minimum de l'ajutage divergent ou de l'entrée, quand l'appareil est aux environs du maximum :

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pression de la vapeur en atmosphères dans la chaudière. | $1^{at}1/4$, | 1 1/2, | 2, | 2,5, | 3, | 4, | 5, | 6, | 7, | 8, | 9, | 10 |
| Quantités d'eau. | $18^{lit}$, | 26, | 36, | 44, | 50, | 62, | 72, | 80, | 88, | 95, | 102, | 108 |

Le débit, aux environs du maximum, est donné par la formule

$$E = 28d^2\sqrt{n}$$

dans laquelle $d$ est le diamètre de l'entrée ou section minimum de l'ajutage en millimètres, et $n$ la pression de la vapeur en atmosphères. E est exprimé en litres par heure.

M. Giffard recommande de donner aux tuyaux d'arrivée de vapeur, de refoulement de l'eau et de trop plein, des diamètres beaucoup plus grands que ceux de la tuyère et de l'entrée de l'ajutage ; aux soupapes de retenue, un diamètre encore plus grand, etc. Il décrit ensuite la manière de manœuvrer l'appareil. Quand il ne fonctionne pas, le robinet de vapeur doit être fermé et l'aiguille descendue presque au fond de la tuyère ; dans ce cas, il est inutile de la fermer entièrement, d'autant plus qu'à la longue le frottement de sa pointe pourrait user et élargir l'orifice de sortie de la vapeur. A haute pression, la section qui doit être ouverte pour la mise en train ne doit pas excéder 1/4 ou 1/5 de l'ouverture entière ; à basse pression, elle peut en être la moitié. Dans cet état, pour mettre l'injecteur en marche, on ouvre entièrement le robinet d'admission ; la vapeur qui s'échappe par la section rétrécie de la tuyère fait le vide dans le tuyau d'aspiration de l'eau, et il faut attendre que celle-ci soit arrivée avant d'ouvrir entièrement la tuyère, en retirant l'aiguille. Le temps nécessaire pour cela dépend de la longueur, de la hauteur et du volume du tuyau d'aspiration. Dans les meilleures circonstances, avec la bâche en-dessous et très-rapprochée et dans l'application aux machines locomotives, il est très-court et n'atteint pas une seconde.

Il est nécessaire, en outre, pour que l'appareil fonctionne bien, que l'espace annulaire par lequel l'eau arrive entre la paroi extérieure de la tuyère et le vide intérieur de la cheminée soit convenablement réglé. Si cet espace était trop grand, il arriverait une trop grande quantité d'eau qui, après avoir rejailli autour de l'entrée, s'écoulerait par le trop plein, il faudrait alors rétrécir le passage en enfonçant davantage la tuyère dans la cheminée au moyen de la vis latérale *f*. Si au contraire le passage était trop rétréci, et qu'il ne pût arriver assez d'eau pour opérer la condensation de la vapeur, que l'on verrait s'échapper par les orifices *k* et le tuyau de trop plein, on devra immédiatement diminuer l'affluence de la vapeur, soit en fermant le robinet qui lui livre passage, soit en enfonçant l'aiguille dans la tuyère; puis on augmentera la section du passage annulaire, en retirant la tuyère de l'intérieur de la cheminée au moyen de la vis latérale, après quoi l'on mettra en train, en procédant comme il a été dit précédemment.

En marche, on reconnaît qu'il faut augmenter ou diminuer la section de passage de l'eau alimentaire, suivant que l'eau qui rejaillit autour de l'orifice et s'écoule par le trop plein est ou n'est pas mêlée de vapeur. Quand l'appareil est bien réglé, la totalité du jet sortant de la tuyère est reçue dans l'ajutage, sans qu'il y ait rejaillissement.

Après avoir donné sur les meilleures dispositions à prendre dans les divers cas et pour les chaudières de divers genres, des détails que nous ne reproduirons pas, l'auteur expose la théorie de son appareil.

*n* désignant la pression effective exprimée en atmosphères de la vapeur dans l'intérieur de la chaudière, D le poids du mètre cube d'eau, H la hauteur d'une colonne

qui exercerait sur sa base une pression égale à celle de la vapeur, on a $H = \frac{10330n}{D}$; il suffirait, abstraction faite des résistances passives, pour que le jet d'eau dont le poids spécifique est supposé égal à D, pénétrât dans la chaudière, qu'il fût animé d'une vitesse $v'$ égale à $\sqrt{2gH}$; mais, à cause des frottements et résistances de toute espèce, des dépressions, du poids des soupapes de retenue, des différences de niveau et surtout de l'abaissement de densité de la veine liquide et de la réduction de la masse de vapeur sortant par l'orifice de la tuyère, il convient que ce jet ait un excès très-notable de vitesse, de façon qu'il fût capable de s'élever dans le vide à une hauteur H' égale à $H \times K$, K désignant un coefficient supérieur à l'unité, et qui, suivant M. Giffard, doit être compris entre 1,7 et 2. Si l'on avait $H' < 1,7H$ ou $> 2H$, il y aurait à craindre, dans le premier cas, l'insuffisance de la force vive de la veine, qui rejaillirait et ne pénétrerait pas dans l'ajutage, et, dans le second, que la veine ne fût trop échauffée et la vapeur imparfaitement condensée. M. Giffard admet donc que la vitesse $v$ du jet doit être égale à $\sqrt{2gHK} = v'\sqrt{K}$, K étant intermédiaire entre 1,7 et 2.

Si l'on désigne par $\delta$ le poids spécifique de la vapeur à la pression de $n$ atmosphères, et si l'on admet que la vapeur sorte par la tuyère en conservant sa densité, elle sera animée d'une vitesse V égale à $\sqrt{2g \times \frac{10330n}{\delta}}$; et en représentant par S l'aire de l'orifice de la tuyère, le poids de vapeur sorti dans l'unité de temps sera $S\delta V$. M désignant la masse de l'eau entraînée dans l'unité de temps, et $m$ la masse de vapeur débitée, que l'on suppose tout entière condensée et mêlée à l'eau, le prin-

cipe de la conservation des quantités de mouvement fournit la relation

$$mV = (m + M)v,$$

d'où

$$v = v'\sqrt{K} = \frac{m}{m+M}V.$$

Le rapport des masses $m$ et $m + M$ peut être remplacé par le rapport des poids. Or le poids de la vapeur est $S\delta V$. Appelant $s$ la section du jet liquide dans lequel la vapeur est condensée, ou la section de l'entrée du tube divergent, si l'on suppose la densité du jet égale à celle de l'eau, on a :

$$m + M = sDv,$$

par conséquent

$$\frac{m}{m+M} = \frac{S\delta V}{sDv};$$

d'ailleurs

$$\frac{m}{m+M} = \frac{v}{V};$$

donc

$$\frac{v}{V} = \frac{S\delta V}{sDv} \quad \text{et} \quad \frac{S}{s} = \frac{Dv^2}{\delta V^2},$$

ou, remplaçant $v^2$ par sa valeur $v'^2K$,

$$\frac{S}{s} = \frac{Dv'^2K}{\delta V^2}.$$

D'autre part,

$$Dv'^2 = \delta V^2;$$

donc

$$\frac{S}{s} = K.$$

L'orifice de la tuyère doit donc toujours être plus grand que l'entrée de l'ajutage divergent.

La cheminée, dit M. Giffard, est la partie de l'appa-

reil qui a dû être principalement déterminée par l'expérience. Théoriquement, le diamètre de son orifice devrait être le même que celui de l'entrée ou section rétrécie de l'ajutage, avec laquelle elle pourrait se confondre, sans solution de continuité. Dans ce cas, la projection de l'eau, quoique inaperçue, et son introduction dans la chaudière n'en auraient pas moins lieu ; mais afin de faciliter la mise en marche et d'obtenir une stabilité de fonctions plus assurée, on a établi une solution de continuité et il a fallu donner à l'orifice de la cheminée un excès de grandeur, pour qu'elle pût donner issue au jet liquide et en même temps à une certaine quantité d'air ou de vapeur non condensée. Au maximum du débit, la veine liquide n'occupe qu'une partie de ce passage, et lorsqu'il est aux environs du minimum, sa section n'est pas seulement moindre que l'orifice de la cheminée, mais plus petite encore que l'entrée de l'ajutage ; elle est alors animée d'une force vive en excès, c'est-à-dire plus grande que celle qui suffirait pour la faire pénétrer dans la chaudière. L'auteur a trouvé par expérience que la dimension 1,3 était la plus convenable pour l'orifice de la cheminée, qui est ainsi le même, ou à peu près le même que celui de la tuyère.

Quant à la température du jet, elle dépend de celle de l'eau froide et des proportions d'eau froide et de vapeur condensée qu'il renferme. Appelant $t$ la température de l'eau froide, P le poids entraîné dans l'unité de temps, $p$ le poids correspondant de vapeur et $t'$ la température du jet, M. Giffard observe que la quantité de chaleur contenue dans un kilogramme de vapeur saturée à la température T qui existe dans la chaudière est, d'après les expériences de M. Regnault,

exprimée en calories par la formule

$$L = 606,5 + 0,305T.$$

Mais il suppose que la vapeur ne peut communiquer au mélange que la quantité de chaleur qu'elle conserverait, après s'être dilatée jusqu'à la pression atmosphérique, sa température étant alors réduite à 100 degrés. Chaque kilogramme de vapeur apporterait alors dans le mélange :

606,5 + 30,5 = 637 unités de chaleur et la température $t'$, en supposant que la totalité de la vapeur soit condensée, serait donnée par l'équation :

$$(P + p)\, t' = P \times t + p \times 637,$$

d'où

$$t' = t + \frac{p}{P + p}(637 - t),$$

ou bien en remplaçant

$$\frac{p}{P + p} \text{ par } \frac{v}{V}$$

$$t' = t + \frac{v}{V}(637 - t).$$

Comme la température $t'$ du jet liquide qui traverse l'atmosphère ne peut pas dépasser 100 degrés, on a pour la limite supérieure de la température $t$ à laquelle il soit possible de prendre l'eau alimentaire

$$\frac{100 - 637\,\frac{v}{V}}{1 - \frac{v}{V}}.$$

le rapport

$$\frac{v}{V} = \frac{v'\sqrt{K}}{V} = \sqrt{\frac{\delta K}{D}},$$

$\delta$ exprimant le poids spécifique de la vapeur à la pression de la chaudière et D la densité de l'eau.

Ceci suppose que la vapeur, au moment où elle franchit l'orifice de la tuyère, a conservé la densité qu'elle avait dans la chaudière, et qu'elle est entièrement condensée dans le jet qui serait homogène et entièrement liquide. Mais le défaut de limpidité du jet suffit pour montrer que cette dernière hypothèse n'est point exacte. M. Giffard, en mesurant le poids de l'eau aspirée et le poids d'eau injectée dans un temps donné, en a conclu par différence le poids de la vapeur qui a déterminé l'entraînement. Nous regrettons qu'il n'ait pas décrit ses expériences en détail; mais le résultat qu'il annonce consiste en ce que la densité du jet ne serait qu'environ les 60 à 66 centièmes de celle de l'eau, et que le poids de la vapeur ne serait aussi, du moins aux pressions ordinaires, que les 60 centièmes du poids calculé en multipliant l'orifice S de la tuyère par le poids spécifique $\delta$ de la vapeur saturée à la pression de la chaudière et par la vitesse V que donne la formule

$$V = \sqrt{\frac{2g \times 10330n}{\delta}}.$$

Il faut donc que la vapeur se soit détendue dans l'intérieur de l'appareil, avant de franchir l'orifice de la tuyère, et, dans ce cas, elle était animée d'une vitesse plus grande que $\sqrt{\frac{2g \times 10330n}{\delta}}$.

Il est intéressant d'apprécier l'influence que la diminution de densité de la vapeur émise par la tuyère et du jet formé par l'eau et la vapeur mélangée exercent sur les résultats. C'est ce qui peut être fait, au moins d'une manière approximative, par un calcul que M. Giffard n'a pas effectué et que nous présenterons ici.

Désignons par P la pression de la vapeur dans la chaudière, $\delta$ étant le poids spécifique correspondant. Soit $\delta_1$ le poids spécifique du jet de vapeur qui franchit l'orifice de la tuyère et qui sera une certaine fraction de $\delta$. On doit admettre que la vapeur s'est détendue de la dènsité $\delta$ jusqu'à la densité $\delta_1$ dans l'intérieur de l'appareil, avant d'arriver à la tuyère. La pression aura diminué dans le même sens que la densité. Si nous supposons qu'elle ait varié proportionnellement, comme pour un gaz permanent maintenu à une température constante pendant l'expansion, le travail moteur dû à la détente de la quantité de vapeur qui sort, dans l'unité de temps, par l'orifice de la tuyère, sera exprimé par ce volume multiplié par la pression $P_1$ et par le logarithme hyperbolique du rapport $\frac{P}{P_1}$ ou du rapport $\frac{\delta}{\delta_1}$ qui est à peu près égal au premier. Désignant donc par 6 la section droite de la partie de l'appareil où la détente a été réalisée dans la limite indiquée, par $u$ la vitesse avec laquelle la vapeur à la densité $\delta_1$ traverse cette section, cette vitesse $u$ sera donnée par l'équation

$$\frac{6u\delta_1}{g} \times \frac{u^2}{2} = 6uP_1 \text{ log. hyp. } \frac{\delta}{\delta_1},$$

d'où

$$\frac{u^2}{2} = g\frac{P_1}{\delta_1} \text{ log. hyp. } \frac{\delta}{\delta_1} = g\frac{P}{\delta} \text{ log. hyp. } \frac{\delta}{\delta_1}. \quad (1)$$

Si nous appelons $V_1$ la vitesse avec laquelle la vapeur qui conserve désormais la densité $\delta_1$, franchit l'orifice S de la tuyère et par $\pi$ la pression atmosphérique qui s'exerce sur cet orifice, nous aurons l'équation :

$$\frac{V_1^2 - u^2}{2} = g\,\frac{P_1 - \pi}{\delta_1} = g\left(\frac{P}{\delta} - \frac{\pi}{\delta} \times \frac{P}{P_1}\right), \quad (2)$$

puisque

$$\frac{P}{P_1} = \frac{\delta}{\delta_1},$$

Ajoutant les équations (1) et (2) membre à membre, nous avons

$$\frac{V_1^2}{2} = \frac{g}{\delta}\left[\left(P \text{ log. hyp. } \frac{\delta}{\delta_1} + P - 1 - \frac{\pi}{P_1}\right)\right],$$

et finalement

$$V_1 = \sqrt{\frac{2gP}{\delta}\left(\text{log. hyp. } \frac{\delta}{\delta_1} + 1 - \frac{\pi}{P_1}\right)},$$

Le poids de vapeur écoulé dans l'unité de temps est exprimé par $SV_1\delta_1$.

Si nous représentons par $D_1$ la densité du jet formé par le mélange de l'eau liquide et de la vapeur partiellement condensée, par $\varphi$ le poids d'eau qui entre dans le mélange et est entraîné par le poids de vapeur $SV_1\delta_1$, par $v_1$ la vitesse du jet qui traverse l'atmosphère, à la sortie de la cheminée, nous aurons l'équation :

$$SV_1\delta_1 \times V_1 = (SV_1\delta_1 + \varphi)v_1, \quad (a)$$

D'un autre côté, $s$ étant l'aire de l'orifice de l'entrée de l'ajutage, on a :

$$SV_1\delta_1 + \varphi = sv_1D_1,$$

donc

$$S\delta_1V_1^2 = sD_1v_1^2.$$

Mais la vitesse avec laquelle une colonne liquide de densité $D_1$ jaillirait par l'orifice $s$ de l'ajutage sous la pression de la chaudière, est égale à

$$\sqrt{\frac{2g(P-\pi)}{D_1}},$$

et l'on doit avoir

$$v_1^2 = K \times \frac{2g(P-\pi)}{D_1},$$

K étant ce coefficient que M. Giffard considère comme devant être pris égal à 1,7 ou 2, pour assurer la pénétration complète du jet, eu égard aux résistances passives de toute nature et autres causes de déperdition de force vive qu'éprouve la colonne de liquide lancée dans l'ajutage avant de pénétrer dans la chaudière.

Portant cette valeur de $v_1$ dans l'équation (a), il vient :

$$SV_1\delta_1 \times V_1 = (SV_1\delta_1 + \varphi)\sqrt{\frac{2gK(P-\pi)}{D_1}},$$

équation qui nous donne le poids d'eau $\varphi$ alimentaire introduite dans l'unité de temps ; on a :

$$\varphi = \frac{S\delta_1 V_1^2 \sqrt{D_1}}{\sqrt{2gK(P-\pi)}} - SV_1\delta_1, \qquad \text{(A)}$$

$s$ désignant l'aire de l'entrée de l'ajutage que la veine liquide traverse avec la vitesse $v_1$, on a nécessairement :

$$sv_1D_1 = SV_1\delta_1 + \varphi,$$

donc

$$SV_1^2\delta_1 = sv_1D_1\sqrt{\frac{2gK(P-\pi)}{D_1}} = sv_1^2D_1,$$

$$\frac{S}{s} = \frac{v_1^2D_1}{V_1^2\delta_1} = \frac{2gK(P-\pi)}{2g\frac{P\delta_1}{\delta}\left(\text{log. hyp. }\frac{\delta}{\delta_1} + 1 - \frac{\pi}{P_1}\right)};$$

ce qui revient à

$$\frac{S}{s} = K \times \frac{\delta}{\delta_1} \times \frac{P-\pi}{P\left(\text{log. hyp. }\frac{\delta}{\delta_1} + 1 - \frac{\pi}{P_1}\right)},$$

équation qui, lorsqu'on y fait $\delta = \delta_1$, $P = P_1$ se réduit à $\frac{S}{s} = K$, comme cela devait être.

Exemple : Soit une chaudière contenant de la vapeur à une pression de 8 atmosphères, auquel cas on a :

$$P = 10.330 \times 8 = 82.640^k, \quad \pi = 10.330^k, \quad \delta = 3^k,94.$$

Si nous supposons que la vapeur franchisse l'orifice de la tuyère sans avoir éprouvé d'expansion, nous aurons :

$$V = \sqrt{\frac{2g \times 10.330 \times 7}{3,94}} = 600 \text{ mètres par seconde.}$$

Le poids de vapeur dépensé dans l'unité de temps sera :

$$S \times V \times \delta = S \times 600 \times 3,94 = S \times 2.364 \text{ kilog.}$$

Le rapport $\frac{S}{s}$ de l'orifice de la tuyère à celui de l'entrée devra être égal au coefficient K.

La vapeur étant supposée entièrement condensée dans le mélange, et le poids spécifique du liquide constituant la veine lancée de l'orifice de la cheminée dans l'ajutage égal à 1.000 kil., le rapport maximum du poids d'eau entraînée au poids de la vapeur dépensée dans l'unité de temps sera donné par l'équation (A), d'où l'on tire :

$$\frac{\varphi}{SV_1\delta_1} = \frac{V_1\sqrt{D_1}}{\sqrt{2gK(P-\pi)}},$$

en y faisant :

$$V_1 = V = 600 \text{ mètres}; \quad \delta_1 = \delta = 3,94; \quad D_1 = D = 1.000;$$

observant d'ailleurs que

$$V_1 = V = \sqrt{\frac{2g(P-\pi)}{\delta}},$$

la relation précédente se réduit à :

$$\frac{\varphi}{S V\delta}=\sqrt{\frac{D_1}{\delta K}}-1=\sqrt{\frac{1.000}{3{,}94K}}-1=\frac{15{,}93}{\sqrt{K}}-1.$$

Comme K est nécessairement supérieur à l'unité, la limite supérieure du rapport du poids de l'eau entraînée à celui de la vapeur qui est d'ailleurs restituée à la chaudière, est ici $15{,}93-1=14{,}93$ ou 15 en nombres entiers. Si l'on prend, avec M. Giffard, $K=1{,}7$, cette limite supérieure s'abaisse à $\frac{15{,}93}{1{,}3}-1=11{,}25$, soit 11 en nombres entiers.

Si l'on appelle $t$ la température de l'eau d'alimentation, T la température du mélange dans lequel nous admettons, avec M. Giffard, que chaque kilogramme de vapeur apporte 637 unités de chaleur, on aura entre les températures T et $t$ la relation

$$12{,}25\times T=637+11{,}25t,$$

et comme T doit rester assez notablement inférieur à 100 degrés, il faudra que la température $t$ de l'eau d'alimentation soit notablement au-dessous de

$$\frac{1225-637}{11{,}25}=52 \text{ degrés.}$$

Admettons maintenant que, conformément au résultat annoncé par M. Giffard, la vapeur franchisse l'orifice de la tuyère à une densité $\delta_1$ qui soit égale à $0{,}60\delta$, et que la densité $D_1$ du jet soit les 0,66 de celle de l'eau liquide, que son poids spécifique soit en conséquence de 660 kil. au lieu de 1.000 kil., la vitesse $V_1$ de la vapeur sera alors déterminée par l'équation :

$$V_1=\sqrt{\frac{2gP}{\delta}\left(\log.\ \text{hyp.}\ \frac{\delta}{\delta_1}+1-\frac{\pi}{P_1}\right)},$$

où il faut faire

$$P = 10.330 \times 8, \quad \delta = 3{,}94, \quad \delta_1 = 0{,}6 \times 3{,}94 = 2.364$$

$$\frac{\delta}{\delta_1} = \frac{100}{60} = \frac{5}{3},$$

$$P_1 = 0{,}60P = 6.198 \times 8 \quad \text{et} \quad \pi = 10.330;$$

enfin

$$g = 9{,}8088.$$

Le calcul numérique effectué donne $V_1 = 652$ mètres par seconde.

Le poids de vapeur dépensée dans l'unité de temps sera exprimée par

$$SV_1\delta_1 = S \times 652 \times 2{,}364 = S \times 1.541 \text{ kilog.}$$

Le rapport des orifices de la tuyère et de l'entrée de l'ajutage doit être ici

$$\frac{S}{s}K = \frac{\delta}{\delta_1} \frac{P - \pi}{P\left(\text{log. hyp.} \frac{\delta}{\delta_1} + 1 - \frac{\pi}{P_1}\right)},$$

et, en passant aux nombres,

$$\frac{S}{s} = K \times \frac{5}{3} \times 8 \frac{7}{\left(\text{log. hyp.} \frac{5}{3} + 1 - \frac{1}{4{,}8}\right)} = 1{,}12 \times K.$$

Enfin le rapport $\frac{\varphi}{SV_1\delta_1}$ du poids d'eau entraînée à celui de la vapeur dépensée est :

$$\frac{V_1\sqrt{D_1}}{\sqrt{2gK(P-\pi)}} - 1 = \frac{652\sqrt{660}}{\sqrt{2g \times 7 \times 10.330}\sqrt{K}} - 1 =$$

$$= \frac{14{,}06}{\sqrt{K}} - 1.$$

La quantité d'eau entraînée par chaque kilogramme

de vapeur est donc ici moins grande que dans la première hypothèse, et est tout au plus égale à 13 fois le poids de vapeur.

On remarquera que la valeur $\frac{S}{s} = 1,7$ prise par M. Giffard a été déterminée expérimentalement, et qu'elle se trouve en rapport avec la vitesse de la vapeur à l'issue de la tuyère et la constitution du jet formé non d'eau pure, mais d'un mélange d'eau, de vapeur non condensée et d'air. Au surplus, la valeur attribuée assez arbitrairement au coefficient K n'influe, en ce qui concerne les proportions des diverses parties de l'injecteur que sur le rapport $\frac{S}{s}$ des orifices de la tuyère et de l'entrée ou section rétrécie de l'ajutage. Or la détermination de ce rapport n'a heureusement rien d'absolu et pourrait même varier entre des limites assez écartées, sans entraver les fonctions de l'appareil, ainsi que nous le montrerons plus loin.

*Tube divergent.*

« Lorsqu'une veine fluide, dit M. Giffard, s'introduit » dans un cône divergent, le mouvement du liquide » peut s'éteindre de deux façons très-différentes, entre » lesquelles il y a une infinité d'états intermédiaires, » suivant l'angle du tube, la vitesse et la résistance » appliquée au mouvement, qui peut tout aussi bien » être positive que négative, quoique dans le cas actuel » elle doive toujours être considérée comme positive. Si » l'angle est très-ouvert et le passage du fluide très-ra» pide, comme dans la *fig.* 4, Pl. III, les parois n'auront, » pour ainsi dire, aucune influence; le jet s'écoulera » et s'éteindra sans effet utile, comme dans un milieu » indéfini; la force vive sera anéantie par tourbillon-

» nements, remous, mouvements moléculaires de toute » espèce, et la somme de tous ces petits tournoiements » représentera la presque totalité de la force vive pri- » mitive; en un mot, il y aura eu seulement conserva- » tion de quantité de mouvement et non pas transfor- » mation de force vive en travail.

» Lorsque au contraire l'angle du tube est petit, » comme dans la *fig.* 5, et comme dans l'application à » l'injecteur, les choses se passent tout différemment : » chaque tranche de la veine a, pour ainsi dire, le temps » de s'accroître en section et de venir glisser contre la » paroi et non contre une masse fluide, comme dans le » premier cas; ce n'est plus qu'un simple frottement de » fluide contre solide; il faut considérer chaque tranche » liquide comprise entre deux sections différentes, » comme sollicitée par la tension acquise à s'accroître » en dimensions transversales, en perdant inversement » le degré de vitesse correspondant. Or, en vertu de la » force d'inertie, un corps quelconque ne pouvant être » ralenti sans déterminer antérieurement ou postérieu- » rement contre l'obstacle qui l'arrête un effort d'im- » pulsion ou de traction, il s'ensuit que chaque élément » transversal de la veine détermine successivement et » sans choc contre l'élément antérieur une espèce de » propulsion, et la somme de tous ces effets ajoutés les » uns aux autres dans toute la longueur du tube est » précisément égale ou supérieure à l'effort de la pres- » sion intérieure contre la section d'entrée. »

Les idées exprimées dans ce passage textuellement emprunté à la notice de M. Giffard, sont parfaitement justes. Quelques développements et l'emploi du langage algébrique leur donneront peut-être un degré de plus de précision et de netteté.

Lorsqu'un fluide circule dans un tube conique con-

vergent ou divergent sous un assez petit angle, dont la grandeur dépend peut-être de la nature du fluide et des parois, il ne se manifeste sur aucun point des tournoiements ou remous. Les particules fluides se succèdent dans des trajectoires de forme invariable, constituant ainsi des filets *permanents*. Le filet axial ou central est rigoureusement rectiligne; les autres sont très-légèrement infléchis suivant des courbes d'autant plus marquées qu'ils s'éloignent davantage de l'axe et se rapprochent plus des parois; mais, pour toutes, le rayon de courbure est toujours très-grand et toutes les tangentes presque parallèles au filet central qui suit l'axe du tube. Enfin, dans tous les filets, le mouvement de progression des particules fluides est de même sens. Il résulte de là que la pression du liquide dans toute l'étendue d'une même section normale à l'axe du tube, doit être sensiblement uniforme, ou plus exactement ne doit varier qu'en raison de la pesanteur qui sollicite les particules fluides; car s'il n'en était pas ainsi, les particules liquides pressées par des forces inégales dirigées dans le plan normal à l'axe du tuyau ne pourraient parcourir des trajectoires sensiblement parallèles à cet axe, ainsi que cela a réellement lieu. Cela posé, considérons un filet fluide quelconque. Soit $a$ la section normale à ce filet qui se confond sensiblement avec la section normale à l'axe du tube; $l$ la distance de cette section à une autre section fixe prise arbitrairement comme point de départ sur le même filet; $p$ la pression rapportée à l'unité superficielle dans la section $a$; $u$ la vitesse avec laquelle les particules liquides successives traversent la section $a$.

Soit $dl$ la distance infinitésimale qui sépare la section $a$ de la section infiniment voisine faite dans le même filet fluide; $dp$, $du$, les accroissements différen-

tiels de la pression et de la vitesse des particules liquides en passant de la section $a$ à la section consécutive séparée de la première par l'intervalle $dl$; $\pi$ le poids spécifique du fluide.

La force ou pression qui sollicite la petite colonne ou tranche fluide dont le volume est $adl$ dans le sens du mouvement, est due à la pression $p$ et est exprimée par le produit $pa$. La seconde base de cette même tranche supporte la pression $p+dp$ dirigée en sens inverse de la première, et qui donne lieu à la force totale $(p+dp)a$ dirigée en sens contraire du mouvement. Les deux sections infiniment rapprochées doivent être considérées comme égales, parce que étant entre elles comme les carrés des dimensions linéaires, elles ne diffèrent que d'une quantité infiniment petite du deuxième ordre. La résultante des deux forces opposées qui sollicitent la tranche infinitésimale est donc $-adp$. La masse de cette tranche est $\frac{\pi adl}{g}$. Si donc nous faisons abstraction des frottements latéraux que le filet fluide éprouve de la part des filets ambiants ou de la paroi à laquelle il peut être contigu, l'équation différentielle du mouvement de la tranche considérée est :

$$\frac{\frac{-adp}{\pi adl}}{g}=\frac{du}{dt},$$

ou bien

$$\frac{-gdp}{\pi dl}=\frac{du}{dt}. \tag{1}$$

Sur quoi il faut faire attention que la différentielle $dp$ est prise par rapport à la distance $l$ des deux bases de la tranche considérée, c'est-à-dire qu'elle se rapporte à deux sections infiniment voisines faites dans le filet

fluide, à un instant déterminé, tandis que la différentielle $du$ se rapporte à la petite masse liquide $\frac{\pi a dl}{g}$ considérée au commencement et à la fin de l'intervalle du temps $dt$. Dans le mouvement *permanent*, la vitesse et la pression pour les particules fluides qui traversent une section fixe quelconque d'un filet restent invariablement les mêmes et sont indépendantes du temps. Donc lorsque la tranche considérée aura parcouru un intervalle égal à son épaisseur $dl$, de sorte que sa base postérieure soit venue occuper la place de sa base antérieure, la pression sur cette base aura précisément varié de la quantité infiniment petite $dp$ qui entre dans l'équation, et sa vitesse $u$ aura varié de manière à devenir égale à celle qui existe constamment dans la section du filet situé à la distance $l+dl$ de la section fixe prise pour point de départ; par conséquent, si nous prenons pour l'intervalle de temps $dt$ celui que la tranche fluide emploie à parcourir son épaisseur $dl$, ce qui est exprimé algébriquement par l'équation $dt=\frac{dl}{u}$, il suffira de porter cette valeur de $dt$ dans l'équation (1), pour que les accroissements $dp$ et $du$ de la pression et de la vitesse correspondent à deux sections infiniment voisines faites au même instant dans un même filet fluide. La substitution nous donne

$$-\frac{gdp}{\pi dl}=\frac{udu}{dl}.$$

En supprimant dans les deux membres le facteur $dl$, qui exprime l'intervalle infiniment petit et d'ailleurs arbitraire, de deux sections consécutives il vient :

$$-gdp=\pi udu,$$

où $du$ et $dp$ sont des différentielles indépendantes du

temps et fonctions de la seule variable $l$. L'intégration définie nous donne :

$$u_1^2 - u_0^2 = \frac{2g(p_0 - p_1)}{\pi},$$

dans laquelle $u_0$ et $p_0$ sont la vitesse et la pression dans une section quelconque d'un filet liquide, $u_1$ et $p_1$ la vitesse et la pression dans une autre section du même filet séparée de la première par une distance finie.

Si le tube conique divergent sous un petit angle est précédé d'une partie cylindrique où la vitesse soit uniforme pour tous les filets, l'uniformité des vitesses, comme des pressions, dans une même section normale à l'axe, se maintiendra sensiblement dans toute l'étendue du tube conique, de sorte que l'hypothèse du parallélisme des tranches se trouvant à peu près réalisée, l'on pourrait appliquer au faisceau tout entier circulant dans le tube l'équation posée pour un simple filet liquide, abstraction faite bien entendu de l'influence du frottement contre les parois solides, et de l'adhérence du liquide pour lui-même. Toutes les circonstances qui peuvent justifier les conséquences tirées de l'hypothèse du parallélisme des tranches, se rencontrent dans la forme de l'ajutage adoptée par M. Giffard, qui se compose d'un tube conique divergent sous un petit angle précédé d'une partie évasée se raccordant avec lui par une partie de forme cylindrique, où la section est un minimum. Il considère cette section comme l'entrée de l'ajutage, et lui donne des dimensions égales à celles qu'il suppose au jet liquide traversant l'atmosphère, de façon que la pression dans la veine à ce passage, soit égale à la pression atmosphérique.

On voit sans peine que cette dernière condition n'est

aucunement nécessaire. Pourvu que le cône convergent qui précède la section rétrécie soit évasé sous un angle assez petit, peu différent de celui du tube divergent, et présente une embouchure assez large pour recevoir en entier le jet liquide lancé par l'orifice de la *cheminée*, l'on pourra appliquer à la colonne liquide circulant dans l'ajutage entier l'équation :

$$u_1'^2 - u_0^2 = 2g \frac{p_0 - p_1}{\pi},$$

d'où l'on tire

$$p_1 = p_0 + \frac{\pi}{2g}(u_0^2 - u_1^2).$$

Si nous désignons par $A_0$ la section transversale du jet liquide dans l'atmosphère, ou, ce qui est la même chose, la section du tube conique convergent à l'endroit où ce jet y pénètre, $p_0$ sera la pression atmosphérique, et $u_0$ la vitesse du jet dans la section $A_0$ par laquelle il s'engage dans le tube qui le reçoit ; $A_1$ désignant une section suivante du tube où la vitesse et la pression sont $u_1$ et $p_1$, on aura, en considérant le jet comme entièrement liquide et incompressible :

$$u_1 = \frac{A_0}{A_1} u_0,$$

et par conséquent :

$$p_1 = p_0 + \frac{\pi}{2g} u_0^2 \left(1 - \frac{A_0^2}{A_1^2}\right).$$

On voit que la pression $p_1$ est plus petite ou plus grande que la pression atmosphérique $p_0$, suivant que la section $A_1$ est plus petite ou plus grande que la section initiale $A_0$ du jet liquide. Lors donc que ce jet entre dans la partie convergente de l'ajutage, la pression tombe au-dessous de celle de l'atmosphère, et di-

minue jusqu'à la section minimum du tube, augmente ensuite avec la section dans l'ajutage divergent jusqu'à l'extrémité de celui-ci. Elle doit alors avoir acquis une intensité suffisante pour soulever la soupape en surmontant la pression de la vapeur qui s'exerce de l'autre côté, à laquelle s'ajoute le poids ou la résistance propre de la soupape. Si P désigne la pression absolue dans la chaudière, il faudra, en négligeant cette dernière résistance, que la pression $p_1$ à l'extrémité de l'ajutage dont $A_1$ représentera maintenant la section, soit égale à P, ce qui donne

$$u_0^2 = \frac{2g\,\dfrac{P - p_0}{\pi}}{1 - \dfrac{A_0^2}{A_1^2}} = \frac{V'^2}{1 - \dfrac{A_0^2}{A_1^2}},$$

En désignant par V' la vitesse avec laquelle un liquide dont le poids spécifique serait égal à celui du jet, jaillirait dans l'atmosphère sous la pression de la vapeur contenue dans la chaudière.

En résumé, la pression dans la section rétrécie de l'ajutage n'est égale à celle de l'atmosphère qu'autant que cette section est précisément celle du jet liquide dans le trajet qu'il parcourt dans l'atmosphère même, entre sa sortie de la cheminée et son entrée dans l'ajutage. Il n'est pas nécessaire que cette égalité existe d'une manière absolue; mais il importe que la section du rétrécissement ne soit pas plus grande que celle du jet libre; dans ce cas, en effet, le jet ne remplirait pas la section de l'ajutage; une partie des filets s'infléchirait vraisemblablement à la rencontre de la masse liquide, de façon à rejaillir en arrière. Il est d'ailleurs utile qu'il n'y ait pas trop de différence entre la section du passage rétréci et celle du jet libre, afin d'éviter un

allongement du parcours, un accroissement de vitesse et une dépression trop prononcée du liquide dans l'intérieur de l'ajutage.

L'embouchure du tube en avant de la section rétrécie doit être évasée sous un petit angle, comme la partie divergente du tube.

Il est naturel de donner à la grande base de l'embouchure une section égale à la section maximum du jet liquide, c'est-à-dire à l'orifice de la *cheminée*, un peu plus grand même, en prévision du cas où les axes du tube et de la cheminée ne seraient pas exactement sur le prolongement l'un de l'autre.

M. Giffard donnant à la grande base de l'ajutage divergent un diamètre égal à trois fois à peu près celui de l'*entrée* ou section minimum, il en résulte que lorsque le jet liquide dans l'atmosphère a une section simplement égale à celle de l'*entrée* $\frac{A_0^2}{A_1^2}=\frac{1}{9}$ et le dénominateur $1-\frac{A_0^2}{A_1^2}=\frac{8}{9}$. Par cette seule cause, le coefficient K serait égal à $\frac{9}{8}$ et la vitesse $u_0$ devrait être égale à la vitesse $v'$ due à la pression existante dans la chaudière multipliée par 1,06.

Les conséquences pratiques des considérations précédentes se réduisent aux suivantes :

Le jet liquide ou semi-liquide, entraîné par la vapeur émanée d'une chaudière, ne peut avoir une force vive suffisante pour surmonter la pression existante dans cette même chaudière et pour y pénétrer, qu'autant que sa section transversale, dans l'atmosphère libre, est moindre que l'orifice d'émission de la vapeur.

L'ajutage dans lequel arrive le jet doit avoir la forme d'un cône divergent sous un petit angle, précédé d'une

embouchure évasée ou cône convergent aussi sous un petit angle, avec raccordement par une partie cylindrique. La section minima du tube, dans cette partie cylindrique, doit être tout au plus égale à la section minimum du jet liquide à l'air libre, et par conséquent plus petite, dans tous les cas, que l'orifice d'émission de la vapeur.

Il suffit que l'orifice de la partie évasée du tube soit égale à l'orifice d'émission de la vapeur, pour recevoir, dans tous les cas, la totalité du jet.

L'orifice de la *cheminée* conique par laquelle sort le jet liquide doit être tout au plus égal à l'orifice d'émission de la vapeur.

Au lieu d'être employé à l'alimentation de la chaudière, l'injecteur pourrait être installé de manière que le jet liquide sortant de la cheminée fût lancé dans une direction déterminée, ou même variable à volonté, si l'on s'était ménagé le moyen de faire pivoter l'appareil autour d'une sphère creuse interposée sur le tuyau de conduite de la vapeur et de mettre l'espace compris entre la tuyère et la cheminée en communication avec le réservoir d'eau froide par un tuyau flexible.

La vitesse du jet serait déterminée par l'équation $v = \frac{m}{m+M}V$, V désignant celle de la vapeur à sa sortie de la tuyère, $m$ et M les masses ou les poids respectifs de la vapeur et de l'eau entraînée. La hauteur verticale à laquelle arriverait le jet, abstraction faite de la résistance de l'air, serait :

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{m^2}{(m+M)^2}\frac{V^2}{2g}.$$

Or $\frac{V^2}{2g}$ est au moins égal à $\frac{P-p}{\pi}$, c'est-à-dire à la

hauteur d'une colonne de vapeur à la densité $\pi$ qui existe dans la chaudière et qui exercerait sur sa base, en vertu de son poids, une pression égale à la pression effective $P-p$ qui a lieu dans la chaudière. Appelant H cette hauteur, on a :

$$h=\frac{v^2}{2g}=\frac{m^2}{(m+M)^2}H.$$

Par exemple, si la pression absolue de la vapeur dans la chaudière est de 8 atmosphères,

$$P-p=10.330\times 7=72.310^k, \quad \pi=3{,}94 \text{ et } H=18.353^m.$$

La vitesse $v$ et la hauteur $h$ seront d'autant plus grandes que le rapport $\frac{m}{m+M}$ sera plus grand, c'est-à-dire qu'il y aura une moindre quantité d'eau ajoutée à la vapeur dans le mélange qui constitue le jet; mais cette quantité d'eau a un minimum déterminé par la condition que le jet puisse exister à l'état liquide, c'est-à-dire que la température soit au plus égale à 100°. $t$ étant la température de l'eau froide, $t'$ celle du mélange d'eau et de vapeur condensée, on a, en admettant que chaque kilogramme de vapeur apporte 637 unités de chaleur dans le mélange :

$$637m+Mt=(m+M)t',$$

$$t'=\frac{m}{m+M}637+\left(1-\frac{m}{M+m}\right)t=t+\frac{m}{m+M}(637-t),$$

d'où l'on tire

$$\frac{m}{m+M}=\frac{t'-t}{637-t},$$

et comme $t'$ doit être égal ou inférieur à 100, le rapport $\frac{m}{m+M}$ est nécessairement $<\frac{100-t}{637-t}$.

Si l'on suppose $t = 10$ degrés, le second membre de cette inégalité est égal à $\frac{90}{627} = \frac{1}{7}$ à très-peu près, c'est-à-dire que la vapeur doit entrer pour $\frac{1}{7}$ au plus en poids dans le mélange qui constitue le jet, dont l'eau doit former les 6 autres septièmes; en d'autres termes, la vapeur doit entraîner au moins 6 fois son poids d'eau pour que le jet subsiste à l'état liquide; à cette limite on aurait $h = \frac{1}{49}H = \frac{18353}{49} = 374$ mètres. Si, la température de l'eau froide étant toujours supposée de 10°, on voulait limiter celle du jet à 55°, il faudrait que le poids de la vapeur entrât seulement pour $\frac{1}{14}$ et la vapeur entraînant alors 13 fois son poids d'eau, formerait un jet capable d'atteindre la hauteur encore très-considérable de $\frac{374}{4} = 93^{m},50$.

Au lieu d'un jet animé d'une très-grande vitesse, on peut se proposer d'employer l'impulsion de la vapeur pour l'élévation d'un volume d'eau considérable à une petite hauteur, et l'injecteur pourra être ainsi transformé, ainsi que l'observe M. Giffard, en un appareil d'épuisement très-simple, mais extrêmement défectueux, si l'on compare le travail mécanique représenté par l'élévation de l'eau au travail que développerait la vapeur convenablement appliquée dans une bonne machine.

La *fig.* 6 représente la disposition adoptée par M. Giffard pour l'appareil d'épuisement. Il se compose toujours d'un tube conique ou tuyère terminant le conduit qui amène la vapeur. La tuyère pénètre dans la partie inférieure du tuyau ascensionnel

qui est élargie, afin de laisser à l'eau affluente par un tube latéral un passage annulaire assez grand. Le tuyau ascensionnel va se rétrécissant jusqu'à une petite hauteur au-dessus de l'orifice de la tuyère, puis il s'évase en forme de tube conique divergent qui se raccorde avec une partie cylindrique recourbée pour déverser l'eau au niveau auquel on veut l'élever. Ici l'aiguille et tout le reste du système qui, dans l'injecteur, sert à régler les quantités de vapeur émise et d'eau entraînée, sont supprimés. Le tube divergent prolonge, sans solution de continuité, la cheminée ou partie élargie où afflue l'eau à élever.

Pour que l'émission de la vapeur par l'orifice de la tuyère complétement ouvert détermine l'élévation de l'eau, dans un appareil semblable, il est nécessaire d'établir entre l'aire S de l'orifice de la tuyère et la section $s$ du passage rétréci du tuyau ascensionnel un rapport variable avec la pression de la vapeur dans la chaudière et qui diminue à mesure que celle-ci augmente.

Voici quelles sont, d'après M. Giffard, les valeurs correspondantes de la pression absolue de la vapeur exprimée en atmosphères et du rapport $\frac{S}{s}$ pour lesquelles l'issue de la vapeur donne lieu à un vide partiel et à une aspiration d'eau. Pour des valeurs un peu plus grandes du rapport $\frac{S}{s}$, la vapeur ne trouvant pas une issue suffisante par la section rétrécie $s$, s'échapperait en partie par le tube latéral en refoulant l'eau, au lieu de l'entraîner.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pression en atmosphères dans la chaudière. | 1 1/2, | 2, | 2 1/2, | 3, | 4, | 5, | 6, | 7, | 8, |
| Valeurs du rapport $\frac{S}{s}$ | 0,85, | 0,60, | 0,50, | 0,42, | 0,36, | 0,3 | 0,25, | 0,21, | 0,18 |

Le maximum de puissance d'aspiration, au moment de la mise en train, a lieu lorsque les sections de la tuyère sont environ moitié des précédentes; il est environ de 2 mètres pour la pression de 1 atm. 1/2, va en croissant avec la pression, et atteint 4 à 5 mètres quand celle-ci est de 8 atmosphères. Au surplus, M. Giffard conseille d'installer les appareils, comme cela est indiqué dans la *fig.* 6, le plus près possible et à la hauteur ou même un peu au-dessous du niveau supérieur de l'eau à élever.

Le rapport $\frac{S}{s}$ une fois déterminé, il indique les dimensions suivantes comme étant les plus convenables pour un appareil d'épuisement :

| | |
|---|---|
| Le petit diamètre de la section minimum du tube ascensionnel étant représenté par. . . . . . . . | 1 |
| *Tube divergent.* — Rayon de l'arc de cercle qui forme la courbe méridienne génératrice du vide intérieur, environ. . . . . . . . . . . . . . . . . | 200 |
| Diamètre au gros bout. . . . . . . . . . . . . . . . | 2,4 à 2,5 |
| Longueur du tube divergent, environ. . . . . . . | 20 |
| *Tuyère.* — Diamètre extérieur égal à 1,2 ou 1,3 fois le diamètre intérieur jusqu'à la limite d'épaisseur de 2 ou 3 millièmes pour les grands appareils. | |
| Demi-angle au centre du tronc de cône formant le vide intérieur et la paroi extérieure de la tuyère. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5° |

La *cheminée* ou partie inférieure du tube ascensionnel présente un vide intérieur tron-conique dont le demi-angle au centre est de 5° comme celui de la tuyère, et qui s'épanouit dans la chambre à eau par un arc de cercle dont le rayon est égal à 4 ou 5. Elle se raccorde avec la section rétrécie du tube par un arc de cercle d'un rayon égal à 40 ou 50.

Le plan horizontal passant par l'orifice de la tuyère doit

correspondre à la naissance de l'évasement de la cheminée, suivant un arc de cercle. Le diamètre de la cheminée en ce point, et la section annulaire, doivent être tels que la vitesse moyenne de l'eau calculée, d'après le débit donné par la formule ci-dessous, y soit à peu près de 4 à 5 mètres par seconde.

Si on admet que l'appareil d'épuisement soit assez heureusement disposé pour que la masse liquide $m+M$, animée de la vitesse $v$ dans la région du tuyau ascensionnel voisine et un peu au-dessus de l'orifice de la tuyère, soit composée de filets animés de vitesses sensiblement parallèles entre elles, et à l'axe du tuyau, il n'y aura, à partir de ce point jusqu'à l'orifice de dégorgement, que des pertes de force vive peu considérables, et l'on aura très-approximativement, en appelant H la hauteur à laquelle l'eau est élevée au-dessus du niveau du réservoir inférieur, par $u$ la vitesse moyenne qu'elle conserve à l'orifice de dégorgement :

$$(m+M)\frac{v^2}{2} = (m+M)gH + (m+M)\frac{u^2}{2}$$

qui se réduit à

$$v^2 = 2gH + u^2.$$

(Nous supposons la pression dans la région où débouche la tuyère sensiblement égale à la pression atmosphérique.)

Si l'orifice de dégorgement a un diamètre égal au triple de celui de la section dans laquelle existe la vitesse $v$, $u$ sera $\frac{1}{9}$ de $v$, et par conséquent l'équation précédente se réduit à

$$v^2 = \frac{9}{8} \times 2gH.$$

La vitesse V de la vapeur à la sortie de la tuyère

sera au moins égale à $\sqrt{\frac{2g\,(P-p)}{\delta}}$, $p$ désignant la pression atmosphérique, et $\delta$ le poids spécifique de la vapeur à la pression P, qui existe dans la chaudière.

De la relation

$$mV = (m + M)v,$$

on tire

$$\frac{M}{m} + 1 = \frac{V}{v} = \sqrt{\frac{\frac{8}{9}(P-p)}{\delta H}},$$

ce qui fait connaître le nombre de kilogrammes d'eau qui peuvent être élevés à la hauteur H par chaque kilogramme de vapeur dépensée.

S désignant toujours l'orifice de la tuyère, et $s$ la section du tuyau ascensionnel où le mélange de la vapeur et de l'eau liquide entraînée étant complet, constitue une colonne composée de filets sensiblement parallèles, animés moyennement de la vitesse $v$, et dont le poids spécifique est D, on aura

$$SV^2\delta = sv^2D,$$

d'où

$$\frac{S}{s} = \frac{v^2D}{V^2\delta} = \frac{\frac{9}{8}DH}{P-p}.$$

On peut admettre ici que la section $s$ est celle du rétrécissement que présente le tube ascensionnel, un peu au-dessus de la tuyère.

Voici deux applications de ces formules qui ne peuvent être considérées que comme approchées. Soit une chaudière renfermant de la vapeur à une pression absolue de 8 atmosphères, au moyen de laquelle on veut élever de l'eau à 4 mètres de hauteur verticale. Le

poids $\delta$ du mètre cube de vapeur à 8 atmosphères étant égal à $3^k,94$, on aura

$$\frac{M}{m}=\sqrt{\frac{\frac{8}{9}\times 10330\times 7}{4\times 3,94}}-1=62,86.$$

Chaque kilogramme de vapeur dépensée pourra donc élever près de 63 kilogrammes d'eau.

Le rapport $\frac{S}{s}$ de l'orifice de la tuyère à la section du passage rétréci du tuyau ascensionnel serait alors :

$$\frac{S}{s}=\frac{\frac{9}{8}\times 1000\times 4}{10330\times 7}=0,05.$$

Ce qui donne 0,22 pour le rapport des diamètres, proportion assez voisine de celle qu'indique M. Giffard.

La vitesse V d'écoulement de la vapeur étant d'environ 600 mètres par seconde, la tuyère débitera par chaque centimètre carré $0^k,2364$ de vapeur et le volume d'eau élevé sera par conséquent 14 à 15 kil. par centimètre carré de la tuyère.

Si la pression dans la chaudière est seulement de $2^{at}\,1/2$, on aura

$$P-p=10330\times 1,5;\quad \delta=1,36;$$

$$\frac{M}{m}=\sqrt{\frac{\frac{9}{8}\times 10330\times 1,5}{4\times 1,36}}-1=49,32;$$

le rapport

$$\frac{S}{s}=\frac{\frac{9}{8}\times 1000\times 4}{10330\times 1,5}=0,29,$$

ce qui donne pour le rapport des diamètres de ces sections 0,54.

La vitesse d'écoulement de la vapeur par l'orifice de latuyère étant ici d'environ 473 mètres par seconde, la tuyère débitera par centimètre carré de son orifice $0^k,06$ de vapeur, et le volume d'eau élevé correspondant sera d'environ 3 kilogrammes.

---

# RÉSULTATS

## DES EXPÉRIENCES FAITES SUR L'INJECTEUR GIFFARD.

Par M. VILLIERS, ingénieur de la Société anonyme des houillères
de Saint-Étienne.

(Extrait du *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*,
2e livraison de 1859).

---

Depuis quelque temps, on a remplacé, dans le bassin de la Loire, un assez grand nombre de machines servant à l'alimentation des chaudières par l'injecteur de M. Giffard.

La force des machines ainsi alimentées varie de 5 à 100 chevaux.

L'appareil qui a servi aux expériences dont il va être question est installé au puits de l'Eparre (concession de Méons); il a remplacé une pompe à double effet, mue directement par une petite machine à vapeur de la force de 2 chevaux environ.

Cette machine, établie depuis huit ans, était à peu près hors de service et utilisait à peine 20 p. 100 de la vapeur dépensée.

L'appareil devant suffire à l'alimentation de quatre chaudières de $1^m,30$ de diamètre et 15 mètres de longueur a été commandé pour une force de 100 chevaux. Le diamètre de la lance est de $0^m,012$ et celui du récepteur de $0^m,009$.

L'installation a été faite dans les conditions suivantes :

| | mèt. |
|---|---|
| 1° Différence de niveau entre l'appareil et le flotteur des chaudières. . | 0,00 |
| 2° Différence de niveau entre l'appareil et le niveau supérieur de l'eau d'alimentation. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2,75 |
| 3° Différence de niveau entre l'appareil et le niveau inférieur de l'eau d'alimentation. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,50 |
| 4° Développement maximum des tuyaux d'aspiration. . . . . . . . . . . | 6,00 |
| 5° Développement maximum des tuyaux de refoulement. . . . . . . . | 15,00 |
| 6° Développement maximum des tuyaux de vapeur. . . . . . . . . . . | 15,00 |
| 7° Diamètre intérieur des tuyaux d'aspiration. . . . . . . . . . . . . . | 0,04 |
| 8° Diamètre intérieur des tuyaux de refoulement. . . . . . . . . . . . . | 0,05 |
| 9° Diamètre intérieur des tuyaux de vapeur. . . . . . . . . . . . . . . . | 0,05 |

Afin de rendre les expériences aussi faciles et aussi exactes que possible, on a jaugé le tonneau d'aspiration entre deux niveaux donnés, en le remplissant avec de l'eau exactement pe-

sée. Un flotteur, muni d'une tige graduée en millimètres, indiquait les variations de hauteur à $\frac{1}{2}$ millimètre près (environ 30 centilitres). Deux thermomètres étaient placés, au moyen de petits stuffing-box, l'un sur le tuyau d'aspiration, l'autre sur le tuyau de refoulement et aussi près que possible du point de travail, afin de pouvoir négliger les pertes de calorique par rayonnement; deux manomètres indiquaient les pressions de la vapeur et de l'eau refoulée.

Les expériences ont eu pour but de déterminer :

1° La hauteur maximum d'aspiration pour la mise en marche et celle à laquelle l'appareil en marche cesse de fonctionner ;

2° Les températures maxima de l'eau d'aspiration pour diverses pressions ;

3° Le rapport maximum et minimum entre la température de l'eau aspirée et la température de l'eau refoulée, par suite les quantités d'eau refoulées par chaque kilogramme de vapeur à diverses pressions ;

4° La pression maxima vaincue au refoulement pour une pression de vapeur donnée ;

5° Les vitesses du jet à son passage dans la lance et dans le récepteur, afin de constater si la pratique vérifie la loi de M. Combes ;

6° Le rapport entre le calorique dégagé par la vapeur et le calorique absorbé par l'eau d'alimentation, par suite la détermination du nombre de calories dépensées.

Les divers résultats obtenus sont indiqués dans le tableau qui suit :

| Pression de la vapeur motrice en atmosphère. | Température de la vapeur. | Nombre d'unités de chaleur contenues dans 1 kilogr. de vapeur, d'après Regnaud. | TEMPÉRATURE de l'eau. | TEMPÉRATURE de l'eau refoulée. | Température maxima de l'eau aspirée à laquelle l'appareil peut fonctionner. | HAUTEUR maxima d'aspiration pour la mise en marche. | HAUTEUR maxima d'aspiration pour que l'appareil en marche cesse de fonctionner. | Quantités maxima d'eau refoulée, par kilogr. de vapeur. | Contre-pressions maxima vaincues au refoulement sans pertes au dégorgeoir. | VITESSES par secondes cerrespondantes au maxima d'eau du mélange de vapeur et d'eau à son passage dans la lance. | VITESSES par secondes cerrespondantes au maxima d'eau du jet liquide à son entrée dans le récepteur. | Hauteur d'aspiration à laquelle ont été faites les expériences. | Proportion d'eau entraînée mécaniquement avec la vapeur. | Dépense probable de calories par grande unité dynamique. | Vitesse du jet liquide à son passage dans la lance, d'après M. Combes. | Vitesse d'écoulement de la vapeur. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| atm. | | | | | | mèt. | mèt. | mèt. | atm. | mèt. | mèt. | mèt. | | | mèt. | mèt. |
| 2,00 | 121°55 | 643,6 | 38°00 | 65°00 | 43° | 1,40 | 3,50 | 21,50 | 2,15 | 18,20 | 11,35 | 2,80 | 0,035 | » | 19,00 | 427 |
| 2,50 | 128 85 | 645,7 | 38 75 | 68 00 | 44 | 2,00 | 4,00 | 19,80 | 2,75 | 21,85 | 13,00 | 2,80 | environ. | » | 22,60 | 470 |
| 3,00 | 135 00 | 647,6 | 38 00 | 70 00 | 45 | 2,45 | 4,50 | 18,00 | 3,40 | 25,10 | 15.00 | 3,00 | » | » | 26,25 | 501 |
| 3,50 | 140 35 | 649,3 | 39 75 | 74 50 | 45 | 2,80 | 4,75 | 16,50 | 4,00 | 28,45 | 17,40 | 3,00 | » | » | 30,00 | 524 |
| 4,00 | 144 95 | 650,7 | 40 00 | 80 00 | 46 | 3,00 | 5,00 | 15,00 | 4,75 | 31,75 | 20,10 | 3,10 | » | » | 33,60 | 540 |
| 4,50 | 149 15 | 652,0 | 41 75 | 83 00 | 46 | 3,10 | 5,00 | 13,80 | 5,35 | 34,80 | 22,55 | 3,10 | » | » | 37,25 | 550 |

...rvations ...e tableau ...cédent.

Les résultats des colonnes 4 et 5 ont été obtenus au moyen de deux thermomètres placés près l'un de l'autre, afin de pouvoir négliger les pertes par rayonnement.

Il est possible que les nombres de la 6e colonne varient un peu avec les hauteurs d'aspiration.

Les hauteurs données par les nos 7 et 8 augmentent un peu avec les diminutions de température de l'eau aspirée, mais dans de faibles limites.

Les résultats de la colonne n° 9 ont été donnés par les 3e, 4e et 5e, mais en faisant les corrections d'après la 14e.

Les contre-pressions accusées au n° 10 ont été atteintes en étranglant la valve de refoulement et le régulateur d'aspiration jusqu'aux dernières limites, sans qu'il se perde d'eau au dégorgeoir; quelques-unes ont été vérifiées en se servant de la vapeur d'une chaudière pour en alimenter une autre marchant à une pression plus élevée.

Les vitesses indiquées au n° 12 ont été obtenues en divisant le volume d'eau aspirée par seconde par la section du récepteur; les vitesses du n° 11 ont été calculées d'après les précédentes, comme il sera expliqué plus loin.

Le nombre de calories dépensées par grande unité dynamique a été déterminé d'après une expérience spéciale qui sera également donnée plus loin.

La 16e colonne a été calculée en divisant la vitesse d'écoulement de la vapeur (n° 17) par les résultats d'expérience de la 9e colonne (en supposant que la vapeur agisse sans détente).

...pérature ...axima ...iration.

Un des inconvénients les plus graves de cet appareil paraît être la limite de chaleur qu'on peut donner à l'eau d'aspiration; la température de cette eau ne pouvant dépasser 45 degrés (n° 6), il ne serait généralement pas possible de prendre cette eau immédiatement à la sortie d'un condenseur ou d'un appareil destiné à la chauffer au moyen de la vapeur perdue; dans les locomotives, par exemple, on ne pourrait utiliser, dans de grandes limites, l'excès de vapeur au chauffage de l'eau du tender.

...r maxima ...iration.

La hauteur d'aspiration est assez faible pour les basses pressions, surtout pour la mise en marche; mais à 3 atmosphères, cette hauteur devient assez considérable, car on peut placer l'appareil à 3m,50 au-dessous du flotteur des chaudières, ainsi que l'indique la colonne 10; dans ce cas, la différence de niveau du bassin et du flotteur peut être de 5 mètres environ.

Les 7ᵉ et 10ᵉ colonnes indiquent que cette différence croît rapidement avec la pression ; je crois qu'en pratique il ne faut pas trop se rapprocher de ces limites ; du reste, il y a un certain inconvénient à placer l'appareil au-dessous des chaudières : c'est que, ayant à vaincre une contre-pression plus grande, il faut, comme on le verra plus loin, donner moins d'eau et alors l'appareil n'alimente plus une force pour laquelle il avait été commandé ; d'un autre côté, la température au refoulement devenant plus élevée, on est obligé d'alimenter avec de l'eau plus froide pour que la condensation s'opère bien.

Une fois en marche, l'aspiration continue encore pour une hauteur plus grande d'aspiration, ainsi que l'indique la colonne 8 ; mais ceci n'a pas une grande importance, car si, pour une cause quelconque, on arrête l'appareil, on ne peut plus le remettre en train.

Quantités d'eau qu'on peut introduire par kil. de vapeur.

La quantité d'eau qu'un kilogramme de vapeur peut refouler dans la chaudière suit à peu près la loi indiquée par M. Combes, c'est-à-dire qu'elle croît avec la diminution de pression de la vapeur. Les nombres donnés à la 9ᵉ colonne du tableau correspondent à des contre-pressions égales aux pressions de la vapeur motrice ; si l'on voulait vaincre au refoulement des contre-pressions plus grandes, celles indiquées à la 10ᵉ colonne, par exemple, on serait obligé de diminuer la quantité d'eau ; la contre-pression vaincue s'élèverait alors tant que la condensation de la vapeur serait assez rapide pour être complète au moment où le jet entre dans le récepteur.

La température de l'eau refoulée peut être portée très-près du point d'ébullition ; cependant, quand on marche au maximum d'eau et au maximum de température de l'eau aspirée, on ne dépasse pas 75 à 90 degrés, suivant que la pression est de 2 ou 4 atmosphères.

Température maxima de l'eau refoulée.

La température maxima de l'eau refoulée paraît donc croître avec la pression ; mais cela tient peut-être à ce que, dans les expériences, l'aspiration s'est faite, dans les deux cas, à la même profondeur (3 mètres environ). La différence de niveau de l'appareil et du bassin n'a pas permis de vérifier si, avec une hauteur d'aspiration moindre, il ne serait pas possible, pour une pression de 2 atmosphères, de faire fonctionner l'appareil avec de l'eau plus chaude.

antités
aspirées
un temps

La quantité d'eau aspirée dans l'unité de temps diminue rapidement avec la pression, ainsi que l'indique la colonne n° 12, et cela d'une manière extrêmement sensible; d'après la théorie de M. Combes, il dôit en être ainsi, car le volume d'eau qui entre par seconde dans le récepteur $V = v's$ ($v'$ représentant la vitesse et $s$ la section).

Appelons H la hauteur d'une colonne d'eau capable de produire la vitesse de sortie du jet;
$h'$ la contre-pression de la chaudière;
$V'$ la vitesse d'écoulement de la vapeur;
K le poids d'eau entraîné par kilogramme de vapeur.

D'après M. Combes, on doit avoir :

$$\frac{V'}{K+1} = \sqrt{2gH}.$$

D'autre part, si on néglige les frottements et les coefficients de contraction de la veine liquide, on doit avoir, pour que toute l'eau entre :

$$v' = \sqrt{2g(H-h')},$$

donc
$$v' = \sqrt{\frac{V'^2}{(K+1)^2} - 2gh'}.$$

Dans cette équation, $V'$ augmente, K au contraire diminue avec la pression (colonne n° 9 du tableau); donc $v'$ et par suite $V'$ doivent augmenter très-rapidement avec la pression; c'est ce qu'indique la colonne n° 12.

Si l'on calculait, d'après la formule ci-dessus, les vitesses $v'$, on trouverait des résultats qui sont environ de 10 à 12 p. 100 plus élevés que ceux de la colonne 12, ce qui provient probablement des pertes dues aux frottements et à la contraction de la veine liquide.

Soit $V''$ la vitesse de l'eau et de la vapeur à leur passage dans la lance.

se de l'eau
et
la vapeur
ir passage
s la lance.

Cette vitesse $V'' = \frac{V'}{K+1} = \sqrt{2gH}$.

Or, nous venons de dire que, pour que toute l'eau entre dans le récepteur, il faut qu'on ait :

$$v' = \sqrt{2g(H-h')}$$

ou
$$v' = \sqrt{V'' - 2gh'};$$

d'où
$$V'' = \sqrt{v'^2 + 2gh'}.$$

$h'$ et $v'$ étant données par les colonnes 1 et 12, on a calculé d'après cette formule la colonne 11; on voit que les résultats de cette colonne s'éloignent très-peu de ceux de la colonne 16; la différence, qui est environ de 0,08, s'explique à cause des frottements et du coefficient de réduction qu'il faut donner à la théorie.

**Rapport entre le calorique dégagé par la vapeur et le calorique absorbé par l'eau d'alimentation, par suite calorique absorbée par le travail moteur.**

Pour déterminer le nombre de calories absorbées par le travail moteur, on a pesé très-exactement 850 kil. d'eau, qui ont été aspirés à une température de 23 degrés $\frac{1}{2}$; la température au refoulement a été de 60 degrés $\frac{1}{2}$ et le poids d'eau recueillie dans une chaudière libre, de 907 kil.; la pression de la vapeur était de 4 atmosphères $\frac{1}{4}$, afin d'être dans les mêmes conditions que si l'appareil eût refoulé dans une chaudière ayant de la pression, on avait étranglé la valve de refoulement jusqu'à ce qu'un manomètre, placé sur le récepteur, accusât 4 atmosphères $\frac{1}{4}$.

Le poids de vapeur dépensée était donc de 57 kil. Ces 57 kil. devaient se composer de vapeur et d'eau mécaniquement entraînée de la chaudière motrice; pour en déterminer la proportton, on a fait arriver un courant de vapeur dans un volume d'eau dont on connaissait le poids et la température; l'augmentation de poids et de température produite par la condensation de la vapeur servit, en regardant la loi de Regnault comme exacte, à calculer les proportions de vapeur et d'eau entraînée; cette proportion fut de 0,035, soit 2 kil.; sur les 57 kil., il y avait donc 55 kil. de vapeur.

D'après la loi de Regnault, le calorique dégagé par les 55 kil. de vapeur $= 55\,(651{,}5 - 60{,}5) = 32{,}505$ calories; le calorique dégagé par les 2 kil. d'eau $= 2\,(146{,}5 - 60{,}5) = 172$; total : 32,677. D'autre part, le calorique absorbé par les 850 kil. d'eau $= 850\,(60{,}63 - 23{,}52)$ (en tenant compte de la différence de chaleur spécifique de l'eau à diverses températures $=$ 31,543.

Il y a donc eu 1,134 calories disparues.

Cette chaleur a-t-elle été enlevée par rayonnement pendant le passage de l'eau de la distance d'un thermomètre à l'autre, ou par l'absorption due à la force motrice produite, ou enfin cette perte n'est-elle qu'apparente et provient-elle de quelque erreur dans l'expérience?

Le rapprochement des thermomètres ne permet pas de supposer que la perte par rayonnement soit importante.

La force motrice absorbée est égale à $850 \times 37,60$ (en supposant une aspiration moyenne de 4 mètres) $+ 57 \times 33,55 = 33,872$ kil.; ce travail s'étant opéré en 944″, la force en chevaux est de 0,47.

A 4 atmosphères $\frac{1}{4}$, le travail théorique d'un kilogramme de vapeur sans détente, mais avec condensation, étant de 19.720 kil., on voit que le poids de vapeur dont la chaleur a dû disparaître est de 1.700 grammes, soit 1.090 unités de chaleur; ce chiffre se rapprochant beaucoup de celui qui a été trouvé, il est très-probable que la disparition des 1,134 calories est due à la production de force motrice; cependant il faut faire observer que l'expérience ayant été faite par des moyens ne garantissant pas plus de 0,001 d'exactitude, il n'est pas tout à fait certain qu'il en soit ainsi; dans tous les cas, ce qui paraît probable, c'est que si l'injecteur perd du calorique, cette quantité est très-faible et ne dépasse pas beaucoup celle qui correspond au travail produit.

Nous avons vu précédemment qu'il est très-facile de faire varier la température du jet en ouvrant plus ou moins le régulateur d'aspiration; il est avantageux au point de vue économique d'alimenter en donnant le plus d'eau possible.

ermination lu poids e vapeur condensée jui passe l'orifice la lance.

Les expériences faites pour déterminer la quantité d'eau aspirée ont donné 0,9 litre par seconde 4 atmosphères $\frac{1}{4}$. La section de la lance étant de 0,00011, et la vitesse du jet de 32 mètres (colonne 11), il est possible, d'après cela, d'avoir le poids de vapeur non condensée qui passe par seconde.

Soit : V le volume d'eau aspirée par seconde $= 0^{mc},0009$;
$v$ le volume d'eau provenant de la vapeur condensée;
$v'$ le volume de vapeur non condensée;
S la section de l'orifice de la lance $= 0,00011$;
$d'$ la densité de la vapeur $= 0,0022$;
$u$ la vitesse du jet $= 32$ mètres.

On a $Su = V + v + v'$.

En supposant le poids d'eau froide aspirée par kilogramme de vapeur égal à 15 kil., et la densité de l'eau $= 1$, on a :

$$v = \frac{V}{15} - v'd'.$$

Remplaçant $v$ par cette valeur dans l'équation précédente, on obtient :

$$Su = \frac{16V + 15(1 - d')v'}{15},$$

d'où

$$v' = \frac{15Su - 16V}{15(1 - d')}.$$

D'où l'on tire $v' = 2,5$ litres environ; soit 5,5 grammes.

Le poids de vapeur totale qui passe par seconde étant égal à $\frac{0^k,9}{15} = 60$ grammes, il en résulte qu'au moment où le mélange sort, 0,9 du poids de la vapeur sont condensés, la condensation complète doit donc s'opérer avant que le mélange n'entre dans le récepteur.

La section de la lance étant de $0^m,00011$, la vitesse du jet de 32 mètres par seconde et la quantité d'eau aspirée dans le même temps de 0,9 litres, on voit que près des trois quarts de la section de la lance sont occupés par les 0,10 de vapeur non condensée.

**Remarques sur les dispositions qu'on peut donner aux aspirants. Conclusions.**

Lorsqu'on établit l'injecteur qui a servi à ces expériences, on avait pris pour aspirants l'ancienne conduite de tuyaux de la pompe alimentaire; ces tuyaux, avant d'arriver au bassin, présentaient la forme d'un U renversé, en sorte qu'ils étaient nécessairement toujours pleins d'eau; cette particularité s'opposa à la mise en marche de l'appareil, et on dut changer la disposition de la conduite, de manière que l'eau pût retourner librement au réservoir; il est probable que cette eau, s'échauffant au moment où on donnait la vapeur et ne pouvant se renouveler, finissait par acquérir une température trop élevée pour que l'appareil pût fonctionner.

A Brassac, dans les ateliers d'agglomération de la compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon, on avait essayé de prendre l'eau d'alimentation dans un bassin placé en contre-haut de l'appareil; il ne fut pas possible non plus de marcher dans ces conditions, et on fut obligé de descendre le point d'aspiration. Dans ce cas, l'eau, au lieu d'arriver d'une manière régulière par le tirage produit par le jet de vapeur, affluait avec une vitesse $\sqrt{2gh}$ variable avec les dénivellations du bassin, et alors le régulateur se trouvait, à chaque instant, ou trop ouvert, ou trop fermé; il en résultait donc un engorgement ou

un défaut de condensation. En résumé, il résulte des expériences qui précèdent :

1° Que la hauteur d'aspiration pour la mise en marche varie proportionnellement à la pression de la vapeur, qu'elle est de 3 mètres environ pour les pressions de 3 à 4 atmosphères ;

2° Que l'aspiration continue environ 2 mètres au-dessous du point de mise en marche ;

3° Que l'excès de puissance du jet est tel que, pour des pressions de 3 à 4 atmosphères, l'appareil peut être mis de quelques mètres en dessous des générateurs, pourvu que la température de l'eau d'alimentation et la quantité d'eau refoulée par kilogramme de vapeur soit moindre que si l'injecteur était au niveau des chaudières ;

4° Que, pour une marche ordinaire, l'appareil étant au niveau des chaudières, la température maxima de l'eau d'aspiration ne doit pas dépasser 45 degrés ;

5° Que la vitesse du jet est à peu près la même que celle qu'indique M. Combes en ne tenant pas compte de la détente ; mais que cela n'a lieu qu'autant que la condensation se fait bien, c'est-à-dire qu'on marche au minimum d'eau et que cette eau n'est pas trop chaude ;

6° Que la quantité d'eau introduite par kilogramme de vapeur varie en raison inverse de la pression, tandis qu'au contraire la quantité d'eau introduite dans un temps donné varie proportionnellement avec cette pression ;

7° Que le calorique dégagé par la condensation de la vapeur se retrouve dans l'eau d'alimentation, sauf une légère fraction correspondant à peu près au travail théorique dépensé et probablement absorbée par lui.

Il est bien possible qu'il se soit glissé dans les expériences ci-dessus des erreurs qui aient pu fausser quelques-unes des conclusions ; il est donc à désirer que les ingénieurs qui ont des appareils à leur disposition fassent d'antres expériences et qu'ils publient les résultats qu'ils auront obtenus.

---

## DES DIVERSES VARIÉTÉS DE HOUILLE
## DU DÉPARTEMENT DE SAÔNE-ET-LOIRE.

Par M. ESTAUNIÉ, ingénieur des mines.

---

Le département de Saône-et-Loire possède quatre bassins houillers; celui du canal du Centre, désigné plus souvent sous le nom de bassin du Creuzot et de Blanzy, et celui d'Autun, sont de beaucoup les plus considérables; les deux autres, reconnus à Forges et à la Chapelle-sous-Dun, sont peu importants. **Bassins houillers du département de Saône-et-Loire.**

Le bassin du canal du Centre, traversé dans le sens de sa plus petite largeur par la ligne de partage des eaux de l'Océan et de la Méditerranée, est resserré entre les chaînes de l'Autunois et du Charollais et s'étend de Charrecey à Grandchamp près des rives de la Loire, sur une longueur de 64 kil.; il est à peu près dirigé de l'est à l'ouest magnétique. Sa plus grande largeur, de Saint-Eugène à Lucy (concession de Blanzy), est de 15 kil.; sa surface serait, d'après M. Manès, de 745 kil. quarrés. **Description sommaire du bassin du canal du Centre.**

Le grès houiller affleure sur la lisière méridionale du bassin, le long du canal du Centre, de Saint-Léger-sur-d'Huine à Perrecy-les-Forges et repose directement sur le granite ou le gneiss; l'affleurement septentrional est au contraire discontinu; le terrain houiller se montre au Creuzot, à Chalas, à Saint-Eugène, à Toulon, à Sully, à Grandchamp, et est le plus souvent séparé du granite par la grauwacke. Le centre du bassin est re-

couvert de grès bigarré. Des sondages gigantesques, entrepris par l'administration du Creuzot, et dont l'un ouvert à la Mouillelongue a atteint 920 mètres, ont démontré que les deux lisières se relient sous le grès bigarré, mais ils n'ont pu retrouver la houille qui paraît se trouver à de très-grandes profondeurs aux points d'attaque qui avaient été choisis. Si les limites du terrain houiller sont bien arrêtées, au nord et au sud, il n'en est pas de même dans les autres directions; à l'est, vers Charrecey, il s'enfonce sous les marnes irisées qui contiennent les grandes exploitations du gypse de Saône-et-Loire; à l'ouest, il paraît disparaître du côté de Perrecy, sous les terrains tertiaires des bords de la Loire, qui s'étendent sans discontinuité jusqu'à Donjon, dans le département de l'Allier, où se trouve la mine de houille de Bert, placée exactement sur la direction du grand axe du bassin.

Divisions à établir dans le terrain houiller du canal du Centre, et couches de houille contenues dans chaque étage.

Lisière méridionale.

Il est assez difficile d'établir, dans les assises houillères, des divisions un peu tranchées, les travaux des diverses concessions ne sont pas assez rapprochés pour que l'identité des couches ait pu être reconnue; il existe d'ailleurs de grands accidents qui viennent compliquer cette étude. J'indiquerai seulement la division qui paraît la plus naturelle à Blanzy, où une série de puits s'étendant sur 12 kil. en direction a facilité cette classification. On peut distinguer trois étages en s'appuyant plutôt sur l'ensemble des couches de houille exploitées que sur la constitution minéralogique du terrain.

L'étage supérieur, qui est peu répandu, serait caractérisé par une série de schistes bitumineux; on avait construit, il y a quelque temps, aux Georgets une usine pour extraire de ces schistes de l'huile et du goudron; mais leur faible rendement en produits bitumineux a

fait renoncer à cette exploitation. Cet étage peut contenir accidentellement des veinules de houille, et il paraît qu'un puits, foncé il y a plus de vingt ans à Ryon, près des Georgets, avait rencontré une couche de ce combustible.

L'étage moyen ou des petites couches contient trois couches reconnues à Montmaillot, à Blanzy, au Ragny; elles ont ordinairement de 1m,50 à 2 mètres d'épaisseur, et sont séparées par des intervalles de 30 à 40 mètres de grès houiller. Cette assise se terminerait à 120 mètres environ au-dessous de la dernière des petites couches et se composerait surtout de grès.

L'étage inférieur ou des grandes couches comprend deux grandes couches séparées par deux entre-deux stériles de 80 à 120 mètres d'épaisseur; la première, dite couche Lucy, d'une puissance moyenne de 12 mètres, qui peut parfois s'élever à 16 mètres, est caractérisée par les schistes à écailles de poisson et à coprolites de son toit, et surtout par deux bancs stériles ou barres d'épaisseur variable qui la divisent en trois bancs. Elle est reconnue à Montmaillot, à Lucy, à Sainte-Marie, à Cinq-Sous, à Sainte-Élisabeth. La deuxième grande couche ou couche de Montceau est à peu près de même puissance que la précédente; elle a été d'abord recoupée par le puits Sainte-Marie et est connue à Lucy, à Cinq-Sous. La partie inférieure du terrain houiller n'a pas encore été complétement traversée, d'après les affleurements; elle paraît contenir à sa base une série de conglomérats et de grès.

La division qui vient d'être établie est très-nette pour les parties de la lisière méridionale du bassin situées à l'ouest du village de Blanzy, au Monceau, à Lucy, à Montmaillot, où se trouvent les exploitations les plus considérables de MM. Jules Chagot et compa-

gnie ; mais elle est moins tranchée pour les couches exploitées par les anciens puits près du village de Blanzy. Il est probable cependant qu'elles rentrent dans le système moyen. La troisième petite couche est probablement celle du puits Harmet, dont le toit était formé par des grès très-durs et au-dessous de laquelle le terrain était stérile. La première doit correspondre à celle du puits Blanzy et à celle de l'étang Denis, qui, d'après les renseignements fournis par les exploitants, étaient de bonne qualité. Le puits Saint-Claude, creusé récemment, a trouvé à 71 mètres une couche de 1$^{m}$,55, à 99 mètres une couche de 7 mètres qui appartient, malgré son épaisseur, au système moyen. Un accident local a augmenté sa puissance.

On exploite depuis longtemps, dans la concession de Montchanin, une couche de houille renflée, et qui a, près de la surface, 600 mètres de longueur et une puissance de 30 à 75 mètres ; elle diminue successivement en épaisseur et en développement dans les parties inférieures ; son inclinaison (45°) est beaucoup plus considérable que sur les autres points du bassin (20 à 25° à Blanzy). Cet amas étant limité, les concessionnaires de Montchanin ont dû s'occuper d'augmenter leurs richesses reconnues, et des recherches très-bien dirigées ont fait reconnaître au puits de la Grille, à l'ouest de l'étranglement qui a fait disparaître la houille aux puits Jumeaux, une couche qui a pu être suivi en affleurement sur une grande longueur et paraît coïncider par sa direction et son inclinaison avec l'ancien amas. Seulement, au niveau de 100 mètres, elle est divisée en trois parties de 7 mètres, de 1 mètre et de 2 mètres d'épaisseur, séparées par des entre-deux stériles ayant horizontalement 20 mètres d'épaisseur environ ; au niveau de 200 mètres, le filet du milieu a disparu et

l'entre-deux est de 30 mètres. Le puits Wilson, foncé d'abord pour exploiter le charbon reconnu en creusant la rigole navigable de Torcy, avait trouvé de la houille de trop mauvaise qualité pour être enlevée. Les travaux, repris depuis trois ans, ont amené la découverte d'une couche de bonne qualité plongeant au nord avec une très-forte inclinaison et dégageant, dans certaines parties, de l'hydrogène carboné. Son toit est formé de schistes avec de nombreuses empreintes de poissons. Ce caractère n'existe que pour la première grande couche de Lucy et permet de l'identifier avec elle. Elle est d'ailleurs inférieure à la couche de la Grille et partant à celle de Montchanin, qui représenterait une ou plusieurs couches du système moyen.

Au puits Sainte-Barbe, de la même concession, à la mine de Longpendu, aux Fauches, on exploite le système des petites couches. A Longpendu on en a reconnu cinq et même sept. Quatre seulement sont en exploitation ; il ne faut pas s'étonner de la différence entre ce nombre et celui signalé à Montmaillot. Dans quelques puits, la puissances des couches, déjà assez faible, diminue ; elles deviennent trop schisteuses pour être le siége d'une exploitation fructueuse, et elles sont négligées : sur chaque point le nombre des couches indiquées est plutôt le nombre des couches exploitables que celui des veines de houille existant réellement.

A Saint-Bérain les travaux ont été jusqu'à présent tellement disséminés et conduits avec si peu d'ensemble, qu'il n'est pas possible d'établir la corrélation des couches reconnues. Celles exploitées aujourd'hui aux puits Jumeaux, de la Carrière, de la Citadelle paraissent cependant devoir se classer dans le système moyen.

Lisière septentrionale.

Sur la lisière septentrionale, les grès et les schistes houillers se montrent de distance en distance à l'intersection du terrain de granite ou de la grauwacke avec le grès bigarré. Il est encore impossible d'indiquer les relations précises des divers lambeaux houillers soit entre eux, soit avec la bande continue méridionale; mais la liaison n'est plus douteuse après les sondages exécutés au centre du bassin.

Au Creuzot, on exploite une couche accidentée par des renflements et des rétrécissements et par des interpositions de grès et de schistes qui en détachent parfois deux veines au mur. La puissance moyenne est de 12 à 15 mètres; mais la veine principale peut se renfler et se rétrécir beaucoup. La houille est séparée de la grauwacke par une épaisseur très-peu considérable de grès houiller et se moule exactement sur le terrain plus ancien. Il y a même un point, près de la montagne des Boulets, où le terrain carbonifère offre déjà à son affleurement un pendage inverse du pendage régulier, de telle sorte que la grauwacke et le granite le recouvrent accidentellement, et qu'un puits creusé dans le terrain primitif pourrait recouper la houille; le plongement régulier reparaît à la profondeur de 100 mètres.

Au centre des exploitations actuelles, les assises houillères, appuyées contre la montagne de la Marolle, s'enfoncent très-brusquement sous la vallée où est située l'usine et se relèvent ensuite en plongeant au nord contre l'éminence qui supporte la ville. Entre le puits du Sud et le puits de la Glacière, le fond de bateau formé par le terrain houiller serait environ à 525 mètres. La couche n'existe que sur le pendage nord, mais grâce à sa très-grande épaisseur et à son prolongement jusqu'au moins au niveau de 300 mètres, il y a

encore d'énormes quantités de charbon accumulées. Plus à l'est, la profondeur du fond de bateau augmente, puisqu'au puits du Guide, n° 1, la couche étant presque verticale a été recoupée par le puits depuis le niveau de 305 mètres jusqu'à celui de 369, avec des interruptions dues aux contournements en S subies par le charbon. A l'ouest, au contraire, entre le puits de l'Ouest et le puits Chaussard, le terrain houiller a une très-faible épaisseur; la couche ondulée par suite des soulèvements des terrains inférieurs vient plusieurs fois rencontrer la surface du sol et y créer autant d'affleurements que l'on pourrait considérer, au premier abord, comme les indices d'une succession de couches; le terrain houiller ne paraît pas s'enfoncer à plus de 60 mètres au puits Saint-François.

La ligne de direction générale, assez peu ondulée entre le puits de la Machine et le puits Mamby, est brusquement déviée aux deux extrémités de cette ligne, à l'est, pour contourner la montagne des Boulets, à l'ouest pour former la combe du Néflier.

Le gîte houiller de Saint-Eugène est composé, d'après M. Manès, de quatre couches ayant une puissance totale de 4m,60, mais dont les deux intermédiaires seules méritent de fixer l'attention; la deuxième a été suivie au puits Saint-Jean à trois niveaux différents; à Sully on a fait quelques travaux pour obtenir la concession, mais ils sont abandonnés depuis longtemps; deux puits foncés successivement ont recoupé deux couches qui ne paraissent pas identiques. Enfin, à Granchamp, l'ancien puits Saint-Martin a traversé deux couches : la supérieure a 0,80 d'épaisseur; la deuxième, de 6 mètres de puissance, est surmontée par une veine intermédiaire qui en est séparée par un banc de grès de quelques centimètres.

cidents nt dérangé in du canal Centre.

Le bassin du canal du Centre a été le théâtre de nombreux dérangements qui sont à peu près parallèles à son axe. Dans la concession de Blanzy, les couches sont relevées de manière à former une selle et le plongement près le terrain primitif, se fait au sud en sens inverse du pendage normal. Il est probable qu'au contact du granite, l'inclinaison régulière reparaît, mais ce n'est encore qu'une conjecture. Les travaux actuels sont concentrés dans le voisinage de la Selle. La direction de cette ligne reconnue sur une assez grande longueur, de Lucy aux Crépins, est de E.41° N.

Au nord de ce grand relèvement est une faille considérable, dite pied-droit, qui, pendant longtemps, a été regardée comme un obstacle insurmontable à la continuité des travaux en inclinaison. La dénivellation qu'elle cause est variable, elle peut atteindre 120 mètres; la direction de cette grande cassure est encore E.40° N., auprès du puits Cinq-Sous.

A Longpendu, les petites couches plongent d'abord régulièrement au sud, à partir de leur affleurement, mais bientôt le pendage change; elles sont coupées par une grande faille contre le plan de laquelle elles sont relevées et contournées en forme de crochet; l'amplitude du rejet est un peu incertaine; le puits Sainte-Barbe de Montchanin a retrouvé les petites couches au nord de la faille, mais il y a encore un peu de doute sur l'ordre à assigner aux deux couches qu'on a déjà recoupées. Le rejet est néanmoins supérieur à 250 mètres, la faille est dirigée N.40° E.

Sur la lisière septentrionale, à la mine du Creuzot, se trouve une grande faille à l'intersection du grès bigarré et des terrains plus anciens; une couche d'argile résultant du glissement des terrains marque la cassure. Ce fait est très-apparent au puits Saint-Laurent; au ni-

veau de 330 mètres une galerie a été poussée au contact du grès bigarré et du terrain de transition, et a rencontré une veinule de 20 à 30 cent. de charbon pétri avec de l'argile; il est donc probable qu'il y a eu glissement d'une partie du terrain houiller et du grès bigarré qui le recouvre le long, soit du terrain houiller resté en place, soit de la grauwacke. La cassure a été aussi constatée près du domaine de la couronne à 2 kil. à l'ouest à l'autre extrémité du puits Saint-Laurent; la direction est de E.35° N.

On voit que les accidents connus à Blanzy ont presque exactement la direction du système de la Côte-d'Or, qui a certainement affecté tous les bassins houillers de Saône-et-Loire; la grande faille de Longpendu, celle du Creuzot se rapprochent beaucoup, sans cependant coïncider presque complétement; mais on remarquera que les replis de ces deux gîtes attestent suffisamment le grand nombre de révolutions qu'ils ont dû éprouver; malheureusement l'absence de formations comprises entre le terrain houiller et le grès bigarré empêche qu'on puisse en reconnaître l'époque. Il est probable que ces deux grandes failles sont les résultantes de plusieurs bouleversements, dont le dernier est postérieur au dépôt du terrain de trias.

Bassin houiller d'Autun.

Le bassin houiller d'Autun a la forme d'une ellipse dont le grand axe, dirigé de l'est à l'ouest, de Résille à la Selle, aurait 26 kil.; le petit axe serait de 11 kil.; l'étendue superficielle du bassin s'élèverait, d'après M. Manès, à 252 kil. quarrés. Il est borné au nord par une enceinte de montagnes porphyriques qui tourne sa concavité vers le midi, et au sud par une enceinte de montagnes granitiques qui présente sa convexité vers le nord. Le terrain houiller est complétement entouré

par le terrain primitif, excepté à son extrémité nord-ouest, où il s'enfonce sous le trias. M. Manès a divisé ce bassin en trois étages : le premier, caractérisé par une très-grande abondance de schistes bitumineux, contient quelques couches de houille de faible épaisseur à Chambois. La puissance de cet étage peut être très-grande, et un sondage, commencé à Muse, en 1858, et resté inachevé, a démontré qu'elle dépasse sur certains points 550 mètres.

L'étage moyen renferme trois couches de houille de 1 mètre à 1m,50 d'épaisseur dont la deuxième seule est exploitée à Marvelay ; les autres sont trop impures.

L'étage inférieur, caractérisé par ses poudingues, a été traversé par les puits d'Épinac ; ils sont tous foncés jusqu'à un grès vert, le plus souvent métamorphique, qui est partout la base du bassin. A Épinac on connaît quatre couches de 1m,50 à 4 mètres d'épaisseur ; réunies en affleurement, elles divergent en profondeur ; dans le cas de réunion, la puissance de l'ensemble est à peu près égale à la somme de celle des couches isolées. Au grand Moloy, sur deux couches constatées, une seule est exploitée ; l'autre est de mauvaise qualité. Elles paraissent, par leur direction et la nature des terrains, être le prolongement de celles d'Épinac et appartenir à l'étage inférieur. Le puits Saint-Georges, foncé récemment près du village de Saint-Léger-du-Bois, semble confirmer cette hypothèse ; il a rencontré le charbon dans un dérangement, et à quelques mètres au-dessous est le grès vert, base générale du bassin.

Le puits Saint-Blaise, foncé derrière la cathédrale d'Autun, en 1858, et repris vingt ans plus tard, a recoupé l'étage inférieur ; il a découvert une couche de

houille à la profondeur de 50 mètres; cette couche est divisée en deux parties par un banc de grès affectant des amincissements et des renflements. Elle est coupée par une faille qui rejette l'étage inférieur à une profondeur encore indéterminée. La direction de la cassure est Est-Ouest. D'Autun à la Selle, en suivant le contour du terrain primordial, on retrouve toujours les affleurements de l'étage inférieur, et à la Selle, un puits foncé récemment a constaté l'existence d'une couche de mauvaise qualité, mais assez régulière, séparée du grès vert par quelques mètres seulement de terrain houiller. Un puits creusé dans l'intervalle à Ornay, à l'ouest d'Autun, a démontré l'existence d'un glissement de terrain houiller le long du granite. Les assises du terrain sédimentaire sont presque horizontales, tandis que le plan de glissement formé d'un mélange de schistes, de grès et de houille de 2 à 3 mètres d'épaisseur, est incliné de 60°. L'affleurement d'Ornay, qui représente la direction de la cassure, est à très-peu près dirigée est-ouest comme à Saint-Blaise; c'est aussi la direction du petit bassin houiller de Sincey (Côte-d'Or) qui offre plusieurs analogies avec le bassin d'Autun, et qui, d'après M. Élie de Beaumont, a été affecté par le système des Pays-Bas, dont la direction transportée au mont Saint-Vincent, est E.4°36′N.

Le terrain houiller de Forges a une très-faible épaisseur; il est en partie enfermé dans un pli du gneiss et en partie recouvert par les marnes irisées en couches à peu près horizontales. Sa direction est presque celle du bassin du canal du Centre N.45°E. L'inclinaison moyenne est de 74°. Les travaux ouverts, de 1780 à 1800, ont fait reconnaître l'existence de deux couches; la couche inférieure a une puissance de $1^m,10$ et est Bassin hou de Forge

divisée en plusieurs lits; l'autre est trop pauvre pour être utilement exploitée.

En suivant la ligne de contact des marnes irisées et du gneiss au nord des Forges, on peut retrouver de distance en distance des affleurements de grès houiller qui semblent se relier à Charrecey, extrémité du bassin du canal du Centre.

Bassin houiller de la Chapelle-sous-Dun.

Le terrain houiller de la Chapelle-sous-Dun comprend trois petits lambeaux épars sur le versant ouest de la montagne de Dun et un grand massif qui se trouve à son pied. Celui-ci est le seul important sous le rapport du combustible. Il forme une plaine d'un kilomètre de longueur et de 300 mètres de large, et est encaissé au sud-est dans le porphyre; au nord-ouest il s'enfonce sous les marnes irisées, cachées elles-mêmes bientôt par le calcaire jurassique. On y connaît quatre couches de houille : la couche inférieure ou Brancilly de 1 mètre de puissance; la troisième, dite Henriette, puissante de $1^m,30$; la deuxième, dite Conchalon, puissante de 1 à 2 mètres, et enfin, la grande couche dont l'épaisseur varie de $3^m,50$ à 4 mètres. La couche supérieure est seule exploitée; les deux autres ne l'ont été que temporairement; la quatrième trop impure ne l'a jamais été.

Les travaux de la première couche sont arrêtés au sud-ouest par une faille dirigée O.45° N.

Réunion probable des quatre bassins.

M. Fournet a démontré depuis longtemps que les bassins houillers du centre de la France ne sont pas purement locaux et isolés les uns des autres. Ils paraissent avoir appartenu à une vaste mer houillère, et l'étude des lieux donne beaucoup de certitude à cette hypothèse, pour le département de Saône-et-Loire. Les bassins d'Autun et du canal du Centre, dont les compositions offrent tant d'analogie, s'enfoncent, l'un vers

son extrémité orientale, et l'autre vers Charrecey, sous des terrains secondaires. La distance de ces deux points est de 18 kilomètres, et l'espace intermédiaire est couvert de terrain jurassique. Un puits creusé récemment près d'Aubigny-la-Ronce (Côte-d'Or), a retrouvé le terrain houiller s'enfonçant sous les marnes irisées. Le bassin de Forges se relie à celui du canal du Centre par des lambeaux de grès houiller, que l'on retrouve de Forges à Charrecey. Enfin, comme M. l'ingénieur en chef Drouot l'a montré dans sa notice sur les mines de houille de la Chapelle-sous-Dun, les petits fragments de ce terrain houiller épars sur la montagne de Dun, dans les plis du porphyre, prouvent qu'il avait un grand développement et se réunissait au nord-ouest avec le bassin de Blanzy et au nord à celui de Forges.

Le département de Saône-et-Loire a produit, en 1859, environ 700.000 tonnes de houille.

Les détails qui précèdent paraîtront sans doute un peu longs; mais ils sont nécessaires à ceux qui voudraient rechercher la relation existant entre la qualité des charbons, la nature des couches et les accidents qui ont affecté les divers bassins.

J'ai essayé, au laboratoire de Châlon-sur-Saône, un très-grand nombre d'échantillons de houille appartenant à toutes les couches qui sont exploitées aujourd'hui. Comme je me propose ici d'arriver à classer les diverses variétés de combustibles, surtout au point de leurs propriétés industrielles, je me suis contenté de l'analyse immédiate, où l'on détermine seulement les proportions de carbone fixe, de matières volatiles et de cendres contenues dans la houille. J'ai jugé aussi nécessaire de consigner ici d'autres analyses faites à diverses époques et citées par M. Manès et par M. Drouot, Méthod d'analys

dans leurs travaux sur la géologie du département. J'ai toujours indiqué le nom de l'auteur de l'analyse, les essais qui ne portent pas cette indication ont été faits à Châlon.

Toutes les houilles analysées l'ont été de la même manière, afin de rendre les résultats parfaitement comparables. On a calciné 5 grammes de charbon parfaitement pulvérisés dans un creuset de platine bien fermé, placé lui-même dans un second creuset du même métal. L'espace intermédiaire était rempli avec de petits fragments de charbon de bois. L'ensemble a été porté au rouge vif au moyen d'une lampe à essence de térébenthine et à double courant d'air forcé. La calcination a duré, en général, de sept à huit minutes et a toujours été répétée deux fois. Quand les poids de coke, obtenus dans les deux expériences, différaient de plus de 2 centigrammes, l'opération a été regardée comme défectueuse.

Le coke obtenu a été broyé au mortier d'agate, et 2 grammes ont été incinérés dans une capsule de platine chauffée au rouge. On a essayé de se servir pour cette incinération de la lampe à essence de térébenthine ; mais la lenteur de l'opération ainsi dirigée m'a bientôt conduit à employer presque exclusivement la moufle d'un fourneau de coupelle.

J'ai recherché la densité au moyen d'un flacon bouché à l'émeri ; la longueur de cette expérience et son peu d'importance, les poids spécifiques des houilles ne variant que dans des limites assez étroites, m'ont fait renoncer à cette détermination pour les essais faits en dernier lieu.

La puissance calorifique a été calculée par la méthode de M. Berthier, légèrement modifiée. J'ai employé, au lieu de litharge pure, un mélange de chlo-

rure de plomb et de litharge. Pour préparer le chlorure, on attaque de la litharge par un poids égal d'acide chlorhydrique et l'on évapore à siccité. On fond ensuite une partie de chlorure de plomb et trois parties de litharge dans un creuset de terre; le produit obtenu est pulvérisé et sert aux essais. Ce procédé a l'avantage d'être plus expéditif que la méthode ordinaire; il est en outre moins inexact. L'oxychlorure de plomb est plus facilement fusible que la litharge; il en résulte que les gaz réductifs provenant de la distillation de la houille ne se dégagent pas avant d'avoir agi sur le sel de plomb. La quantité de plomb, réduite par 1 gramme de carbone, serait encore de 34 grammes, de telle sorte que la puissance calorifique de la houille essayée est toujours de 230 calories par gramme de plomb réduit.

Classification des diverses houilles.

On peut diviser en cinq catégories les houilles du département de Saône-et-Loire, en se basant sur la nature de coke obtenu au Creuzot, et y distinguer des houilles anthraciteuses à coke pulvérulent des houilles grasses à courte flamme, des houilles grasses à longue flamme à coke boursouflé léger et argentin, des houilles mi-grasses à coke bien fondu, bien aggloméré, mais peu ou pas boursouflé, et enfin des houilles maigres à longue flamme à coke fritté. La qualité de la houille dépend surtout du rapport qui existe entre les matières volatiles et la houille supposée sans cendres; la composition des gaz provenant de la distillation devrait avoir aussi une grande influence; mais on comprend que, pour des houilles de la même localité, ils seraient à peu près identiques, et qu'il n'y ait plus à se préoccuper que de leur proportion.

Les charbons anthraciteux sont en général très-durs, très-brillants, se détachent souvent en petits prismes,

suivant certains plans de clivage. Leur poussière est très-noire, le coke complétement pulvérulent. Ils sont difficiles à allumer, brûlent sans flamme, mais ont une grande puissance calorifique. Il est probable que lorsqu'on se sera habitué à leur usage, on les préférera pour la cuisson de la chaux, du plâtre, des briques, à ceux des autres catégories. On est arrivé à les consommer avec avantage au Creuzot pour le chauffage des chaudières à vapeur en lançant sur la grille, dans un cendrier bien fermé, un mélange d'air et de vapeur d'eau. Le rapport des matières volatiles à la houille, supposée pure, varie de 0,10 à 0,18 pour les houilles anthraciteuses; elles contiennent de 1 à 4 p. 100 de cendres.

Les houilles grasses à courte flamme proviennent presque exclusivement de la mine du Creuzot; le charbon qui fournit le meilleur est très-friable, très-brillant; son éclat est gras, sa poussière très-noire. Le rapport des matières volatiles à la houille, supposée pure, varie à peu près de 0,18 à 0,28.

Les houilles grasses à longue flamme sont moins tendres que les précédentes, moins brillantes; la poussière est moins noire : le rapport des matières varie de 0,28 à 0,35.

Les houilles demi-grasses et les houilles maigres sont plus dures, plus ternes que les précédentes; leur poussière tire de plus en plus sur le brun; elles sont aussi moins pures, parfois schisteuses, pyriteuses, et ont le plus souvent des petites lamelles blanchâtres de carbonate de chaux. Dans les premières, la proportion de gaz est comprise entre 0,33 et 0,40; dans les autres, elle est supérieure à 0,40. Ces charbons brûlent avec beaucoup de flamme et sont propres à la forge, au chauffage des chaudières à vapeur; leur facile inflam-

mation les rend très-agréables pour le chauffage domestique. Le charbon de Blanzy et presque aussi facile à brûler dans une cheminée que le combustible végétal; mais cette propriété rend en même temps les incendies assez fréquents dans l'intérieur des travaux ou sur le carreau des puits; quelques-unes des houilles de la dernière catégorie, celles de l'ancienne exploitation de Montchanin et celles de Saint-Bérain s'altèrent très-vite à l'air.

On comprend facilement que lorsque le rapport des matières volatiles à la houille se trouve voisin de l'un des chiffres indiqués comme limites, il y a un peu d'incertitude sur la nature du charbon que l'on examine; le plus souvent, il sert de passage d'une qualité à une autre. Les houilles du bassin forment une série continue, et les divisions qu'on y établit sont toujours arbitraires. Les types les plus nets sont au milieu des intervalles.

En résumé, la quantité de cendres contenues, le rapport des matières volatiles à la houille sans cendres et l'aspect du charbon suffisent toujours pour le classer. La dureté augmente et la poussière devient de plus en plus brune à mesure que croît la proportion de gaz.

On s'est mis depuis quelque temps à fabriquer des cokes avec des mélanges de charbon qui, isolément, n'en fourniraient pas ou ne donneraient qu'un faible rendement. On allie des charbons anthraciteux ayant trop peu de matières volatiles avec des houilles grasses ou demi-grasses. Au Creuzot, on mélange un tiers de houille à coke de la localité avec un tiers de houille anthraciteuse et un tiers de houille de Saint-Étienne. A la mine de Blanzy, les houilles sont demi-grasses et

donnent assez peu de coke; on améliore notablement le rendement et la qualité du produit obtenu en mélangeant du charbon demi-gras du puits Sainte-Élisabeth (matières volatiles, 0,375) avec un poids égal de charbon anthraciteux du Magny (matières volatiles, 0,183). La proportion des matières volatiles du mélange est de 0,29 et elle se rapproche de celle des houilles grasses. Il est seulement très-important que les deux charbons soient broyés très-fin et mélangés aussi intimement que possible. Ce fait prouve suffisamment que le classement des houilles, basé seulement sur la proportion des matières volatiles, n'est pas aussi arbitraire qu'il pourrait paraître au premier abord.

Le tableau ci-après, pages 398 et suivantes, contient un très-grand nombre d'analyses exécutées en grande partie au laboratoire de Châlon. La provenance de chaque échantillon y est indiquée avec soin pour les échantillons que j'ai analysés.

Si l'on rapproche les résultats présentés par le tableau précédent des détails donnés au commencement de ce travail sur la composition des bassins houillers de Saône-et-Loire, on reconnaîtra facilement les faits suivants :

1° La lisière septentrionale du bassin du canal du Centre comprend les houilles anthraciteuses et des houilles grasses à courte flamme; la lisière méridionale a des houilles demi-grasses et surtout des houilles maigres à longue flamme; en un mot, la quantité de matières volatiles est beaucoup plus considérable sur les bords du canal du Centre que sur l'affleurement qui s'étend du Creuzot à Grandchamp. La houille d'Épinac, dans le bassin d'Autun, a des houilles grasses à longue flamme. Si l'on classait les charbons d'après

la proportion croissante des gaz qu'ils contiennent, on rencontrerait successivement les houilles du Creuzot, d'Épinac, de Blanzy, de la Chapelle-sous-Dun, et la série formée par les houilles de toute provenance est assez continue pour qu'il soit impossible de reconnaître les bassins distincts par une variation brusque de qualité. C'est une considération de plus à ajouter à celles qui militent déjà en faveur de l'existence d'une seule mer houillère avant les dislocations qui ont formé de petits bassins ou avant les dépôts secondaires qui ont recouvert les intervalles.

2° La nature de la houille dépend avant tout des circonstances locales qui ont accompagné sa production; il y a beaucoup plus d'analogie entre les charbons de diverses couches recoupées par le même puits qu'entre les charbons de la même couche sur des points différents. A Épinac, par exemple, au puits de la Garenne, on trouve successivement à divers étages, pris dans la réunion des couches, pour la proportion de matières volatiles 0,277, 0,275, 0,280; au puits du Curier 0,305 et 0,300; au puits Hagermann, pour la troisième et la quatrième couche, 0,307 et 0,310; au puits des Souachères, pour les mêmes couches, 0,400 et 0,410. Il serait facile de multiplier les exemples.

3° Les variations de qualités se font plus ou moins rapidement, mais toujours d'une manière continue, de telle sorte qu'il est possible de retrouver les qualités intermédiaires; elles sont seulement moins abondantes quand la variation est brusque. A la mine de Blanzy, la qualité s'améliore en allant de l'ouest à l'est et en s'enfonçant en profondeur. La première grande couche anthraciteuse à Montmaillot et au Magny, maigre à longue flamme, à Lucy et à Sainte-Marie, dégage de

l'hydrogène carboné, et donne un peu de coke au puits Cinq-Sous; elle est demi-grasse au puits Sainte-Élisabeth. Il est assez curieux de suivre les changements que subit le rapport des matières volatiles à la houille sans cendres. On trouve, en allant de l'ouest à l'est, 0,136 à Sainte-Barbe de Montmaillot (nº 10), 0,103 à l'extrémité ouest du Magny (nº 11), 0,262 à 120 mètres à l'ouest du grand plan du centre au Magny (nº 65), 0,278 (nº 66) à 70 mètres à l'ouest du même plan, 0,395 à 180 mètres à l'est. Ce rapport ayant varié d'une manière continue, l'on peut présumer *à priori* qu'il a dû y avoir une partie du puits Magny, où la houille avait une proportion de gaz convenable, pour donner du bon coke; l'on en a en effet rencontré; mais le changement de nature s'est fait trop vite pour qu'il y ait beaucoup de bon charbon à coke à exploiter.

La deuxième grande couche est toujours de qualité un peu meilleure que la première sur le même point; mais elle s'améliore de la même manière. Les petites couches obéissent à la même loi; la troisième, très-maigre, à Montmaillot, est demi-grasse au puits Saint-Claude.

Le changement de nature en profondeur est sensible pour la deuxième couche; au puits Sainte-Hélène, l'on trouve successivement en descendant 0,475 de gaz avec 15,5 p. 100 de cendres, 0,435 de gaz avec 8 p. 100 de cendres, au puits Sainte-Marie 0,432 de gaz avec 6 p. 100 de cendres.

4° Le fait le plus saillant à remarquer à Blanzy, c'est le passage de la houille complétement anthraciteuse de Montmaillot et du Magny à la houille maigre à longue flamme de Lucy et du Montceau. En jetant les yeux sur

une carte géologique du bassin, on verra que la ligne de contact du granite et du grès houiller, à peu près rectiligne entre Montchanin et Galuzot, est brusquement reportée de plus d'un kilomètre dans l'intérieur du bassin sur ce dernier point, de telle sorte que l'on a autour du domaine des Salons, une espèce de cap granitique. En même temps, le plan des travaux accuse un changement de direction éprouvé par toutes les lignes de niveau. Ce dérangement correspond à la limite séparative des houilles maigres et des anthracites.

5° On a essayé de faire comprendre l'allure contournée de la couche du Creuzot; la variation de qualité n'est pas moins intéressante. On sait que la direction est à peu près rectiligne entre le puits Mamby et celui de la Machine; à l'est et à l'ouest de cette ligne, elle s'infléchit, soit pour contourner la montagne des Boulets, soit pour entrer dans la combe du Néflier. Le charbon est très-gras au centre de la partie rectiligne, et il devient complétement anthraciteux aux deux extrémités; la limite de l'amaigrissement passerait d'un côté à 50 mètres à l'ouest du puits Sainte Barbe; à l'autre extrémité, à 80 mètres à l'ouest du puits du Sud, reparaissent les charbons moins gras, qui s'amaigrissent jusqu'à l'extrémité occidentale de la veine. En profondeur, la houille devient de moins en moins grasse. Un fait assez curieux paraît, au premier abord, devoir donner l'explication de ce changement. La houille est d'autant plus maigre, que l'intervalle de grès houiller qui sert de mur, compris entre la couche et la grauwacke, est moins considérable. Ainsi, au puits du Sud, la grande veine est très-grasse, la petite veine, séparée du terrain de transition par un inter-

valle de 20 mètres seulement, l'est beaucoup moins. Plus à l'ouest, le fonds du bassin se relève et la grauwacke se rapproche beaucoup du charbon; sa distance est quelquefois de 5 à 6 mètres seulement. Comme le terrain de transition a été évidemment altéré par l'irruption du granite, on pourrait supposer qu'une action métamorphique a chassé une partie des matières volatiles de la houille, et l'on conçoit que cette action soit d'autant plus énergique que la couche est plus rapprochée de la cause perturbatrice. Mais le grès houiller du terrain du Creuzot comprend des débris du granite environnant, et celui-ci étant dès lors antérieur à la formation houillère, ne peut servir à expliquer le passage à l'anthracite.

6° A Épinac, on peut grouper en trois catégories les houilles actuellement exploitées. Les charbons de Micheneau et de la Garenne offrent beaucoup d'analogie et sont bien supérieurs aux combustibles des puits Hagermann, Curier et Sainte-Barbe; enfin ceux des Souachères sont les plus mauvais. Les analyses faites indiquent une séparation très-tranchée; en jetant les yeux sur le plan des travaux, on observe un grand resserrement qui sépare les deux premiers puits des autres travaux. La houille ne disparaît pas complétement; il n'y a pas de cassure, mais le charbon est inexploitable; si l'on observe que la direction des couches, au troisième étage de la Garenne, est perpendiculaire au troisième étage du puits Hagermann, à une très-faible distance, on ne s'étonnera pas que les couches aient été étirées et étranglées entre ces deux puits. Enfin, entre le puits des Souachères, voisin des affleurements, et les puits Curier et Hagermann, on trouve un accident de même espèce. On remarquera encore ici que la qua-

trième couche (analyses nos 44, 47, 51) est supérieure, sur le même point à la troisième (nos 45, 46, 50), au double point de vue de la proportion des matières volatiles et de la quantité de cendres.

En résumé, les houilles du bassin d'Autun, moins tourmenté que celui du canal du Centre, offrent une qualité plus uniforme qu'à Blanzy ou au Creuzot.

7° Il est de très-grands accidents, des failles considérables qui n'ont eu aucune influence sur la nature du charbon ; ainsi, à Blanzy, il n'y a pas de différence bien sensible entre les charbons situés au nord et au sud du grand pied droit. Une très-grande faille a amené un rejet de plus de 250 mètres entre les couches de Longpendu et celles du puits Sainte-Barbe de Montchanin. La première couche aurait 0,477 de gaz, et 14 p. 100 de cendres à Montchanin (n° 103), et 0,494 de gaz, et 15 p. 100 de cendres à Longpendu (n° 111). La deuxième aurait la même proportion de matières volatiles des deux côtés de la faille.

8° Certains charbons s'altèrent très-vite, non-seulement à l'air, mais aussi dans les travaux par suite, soit des feux, soit des mouvements de terrains inévitables, surtout dans les couches verticales. Le fait observé dans les vieux travaux de Montchanin est confirmé par le tableau précédent. Il suffit de comparer les analyses de houille citées par M. Manès à celles faites à Châlon. Les unes et les autres sont trop concordantes pour qu'il y ait à redouter une erreur d'expérimentation. La proportion de matières volatiles s'est accrue assez notablement. La couche en contenait, il y a vingt ans, 0,46 et 0,47 (nos 92, 94); elle a aujourd'hui 0,49, 0,50, 0,494 (nos 95, 96, 97).

Une circonstance analogue peut être remarquée dans

les mines à grisou. Des couches qui en dégageaient des quantités considérables, au moment où l'on a commencé l'exploitation, cessent d'en fournir quand le charbon a été bien découpé. Il s'est produit une espèce de drainage qui a facilité le départ de l'hydrogène carboné. Ce phénomène doit probablement accompagner un changement de nature du charbon.

9° Le bassin de la Chapelle-sous-Dun contient les houilles les plus gazeuses (plus de 50 p. 100 de matières volatiles); ce sont aussi les plus inflammables, et le menu ne peut être conservé en tas que très-peu de temps. La grande couche se compose de deux bancs et dans tous les puits, à l'exception d'un seul où il y a à peu près égalité, le banc supérieur a moins de matières volatiles que le banc inférieur.

Il existe un point (n° 12) où cette houille, si chargée de gaz, est complétement anthraciteuse et n'a plus que 0,125 de matières volatiles, mais il faut attribuer ce fait à l'action du porphyre, qui a soulevé le lambeau houiller de Chassigny.

Conclusion. On a fait bien des hypothèses pour expliquer la formation de la houille et en déduire les causes des diverses proportions de matières bitumineuses qui y sont contenues. Il est facile de reconnaître que les circonstances qui ont accompagné le dépôt houiller ont influé sur la nature générale de la houille formée; des accidents locaux en ont ensuite modifié plus ou moins profondément la composition. Dans le bassin du canal du Centre, il existe trois exemples bien tranchés de changements rapides de nature, aux deux extrémités de la couche du Creuzot et au puits de Magny, à l'ouest des travaux actuels de Blanzy. Dans ces trois cas particuliers, il n'y a pas interruption de la couche, mais

elle a été brusquement déviée de sa direction, soit par la montagne des Boulets, par la combe du Néflier et par le cap granitique de Salons. Un tel changement de direction n'a-t-il pas pu, en étendant ou comprimant une matière encore visqueuse et molle, amener le départ d'une partie des matières bitumineuses ? D'autres révolutions, au contraire, survenues beaucoup plus tard, quand la houille durcie était déjà recouverte par d'autres terrains, n'ont eu d'autres résultats que de briser la couche dont les fragments sont restés identiques les uns aux autres; ainsi la faille du pied droit, la selle de Blanzy, la faille de Longpendu, due probablement au système de la Côte-d'Or, ont créé des difficultés à l'exploitation sans modifier la qualité. En un mot, les accidents contemporains, ou à peu près, de la formation houillère ont pu produire des étranglements, des renflements, des changements de direction qui correspondent à des variations de qualité de combustible; les accidents postérieurs ont produit les failles et laissé la qualité intacte. Les changements de nature de charbon moins considérables doivent être attribués à des perturbations contemporaines moins puissantes et qu'une étude minutieuse peut seule déceler. A Épinac, les resserrements qui classent en trois catégories voisines, mais distinctes les combustibles extraits de la mine, sont très-nets.

L'hypothèse précédente me paraît rendre un compte suffisant des faits observés dans les bassins houillers du canal du Centre et d'Autun; mais elle ne s'appliquerait pas sans doute à tous les cas. Il y a dans chaque circonstance une cause locale à étudier, et toute théorie trop générale serait forcément incomplète et erronée. A la Chapelle-sous-Dun, une action

métamorphique, due à l'apparition du porphyre de Dun, a expulsé les gaz si abondants dans le combustible de cette localité.

ıtité d'eau ıporisée ır divers arbons.

Les analyses qui précèdent, quoique faites surtout au point de vue industriel, peuvent être très-utilement complétées par des expériences exécutées en grand sur les diverses houilles essayées au laboratoire. M. Manès a fait faire, il y a près de vingt ans, des essais à Châlon et à Marvelay pour déterminer la quantité d'eau vaporisée par divers charbons du département. Comme les résultats ont été déjà publiés dans son mémoire sur les bassins houillers de Saône-et-Loire, je crois inutile de les citer ici; j'aime mieux rapporter des expériences faites en mai 1859 au Creuzot, et dont je dois la communication à l'obligeance de M. Petitjean, ingénieur de la mine de cet établissement. Des charbons de diverses provenances ont été brûlés pour le service de la chaudière à vapeur de la pompe du puits 13; sa surface de chauffe est de 60 mètres quarrés; la surface de la grille est de 2 mètres quarrés, 80 décimètres quarrés. La pression habituelle de la vapeur dans la chaudière était de trois atmosphères, et l'admission se faisait pendant les cinq septièmes de la course. Le diamètre du cylindre à vapeur était de $1^m$, 20, et celui de la pompe de 0,44; leur course commune était de $2^m$,20. Le volume réel d'eau par coup de pompe était de 320 litres.

Pour les charbons anthraciteux du Moineau, du Guide et de Saint-Laurent, on a activé la combustion avec un mélange d'air et de vapeur lancé sous la grille au moyen d'un appareil très-simple, inventé par M. Delabarre. On voit facilement, que même en défalquant de la quantité totale de vapeur formée celle nécessaire

à la combustion, le produit obtenu est encore supérieur à celui des autres expériences. Il est donc certain que ces charbons anthraciteux sont préférables à beaucoup de ceux qu'on emploie dans l'industrie, et ils seront consommés en grande partie quand les chauffeurs se seront habitués à leur usage. Les essais que je vais citer ont été faits exclusivement au point de vue de l'usine du Creuzot, et ce n'est qu'incidemment que l'on y a brûlé des houilles de Montchanin et de Blanzy; Il ne faudrait donc pas juger de ces dernières d'après des expériences faites sur des charbons de qualité inférieure, les meilleurs étant réservés au service de la forge. Le tableau suivant renferme les résultats des expériences.

| Numéros de l'expérience. | PROVENANCES DU CHARBON. | Durée de l'expérience. | Temps pendant lequel les appareils Delabarre ont fonctionné. | Nombre de coups de pompe. | Poids total de charbon consommé. | Poids de l'hectolitre de charbon. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Moineau (grélat) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7,32 | 4,43 | 2.069 | 1.062 | 86,83 |
| 2 | Blanzy (Lucy, tout-venant). . . . . . . . . . . . . . . . | 6,39 | » | 2.016 | 1.061 | 88,40 |
| 3 | Montchanin (quetel, tout-venant) . . . . . . . . . . . . | 5,55 | » | 1.705 | 1.183 | 84,50 |
| 4 | Guide n° 2 (tout-venant de la traversée de la veine). . | 5,35 | 2,42 | 1.716 | 1.250 | 96,15 |
| 5 | Moineau (grélat). . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6,3 | 3,29 | 1.856 | 936 | 86,91 |
| 6 | Ouest (petit grélat un peu sale). . . . . . . . . . . . . | 5,47 | » | 1.772 | 811 | 84,60 |
| 7 | Moineau (tout-venant). . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6,21 | 3,40 | 1.942 | 1.012 | 82,80 |
|  |  | » | » | » | 230 | 82,80 |
| 8 | Montchanin (lavé, grille) . . . . . . . . . . . . . . . . | 7,15 | » | 2.209 | 1.282 | 75,41 |
| 9 | Saint-Laurent (petit pérat). . . . . . . . . . . . . . . | 6,43 | 2,50 | 2.119 | 1.047 | 85,67 |
| 10 | Saint-Laurent (tout-venant) . . . . . . . . . . . . . . | 5,30 | 4,26 | 1.708 | 1.085 | 88,84 |
| 11 | Ouest (petit grélat nettoyé). . . . . . . . . . . . . . . | 5,30 | » | 1.759 | 723 | 84,67 |
| 12 | Guide n° 2 (tout-venant d'un point connu). . . . . . . | 5,27 | 1,57 | 1.764 | 891 | 85,45 |
| 13 | Montchanin (lavé 2/3 grille, 1/3 puits-neuf). . . . . . | 6,55 | » | 2.154 | 1.265 | 74,41 |
| 14 | Guide n° 2 (grélat même provenance que l'essai n° 12). . | 5,27 | 0,51 | 1.617 | 779 | 82,40 |

*a* Feu poussé vivement au moyen des appareils.
*b* Il a fallu modérer un peu le feu, et on ne s'est pas servi des appareils.
*c* On a dû modérer la marche de la machine. Feu poussé vivement sans appareils.
*d* Ce charbon était excessivement sale, mais brûlait bien avec les appareils.
*e* Feu poussé moins vivement qu'à l'essai n° 1.

| Poids total de l'eau vaporisée. | Poids de l'eau vaporisée par kilogramme de charbon. | Poids de l'eau utile vaporisée par kilogramme de charbon. | Poids total des cendres. | Poids de l'hectolitre de cendres. | Rapport des cendres au charbon consommé. | Travail utile de la machine en eau élevée. | Charbon consommé par cheval utile et par heure. | Poids total de la vapeur consommée. | Vapeur totale consommée par cheval utile et par heure. | Vapeur consommée par les appareils Delabarre par cheval utile et par heure. | Vapeur à condenser par cheval utile et par heure. | Vapeur produite par mètre quarré de surface de chauffe et par heure. | Charbon consommé par décimètre quarré de surface de grille et par heure. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.298 | 5,93 | 5,30 | 116 | 75,00 | 0,109 | 35,20 | 3,95 | 6.254 | 23,42 | 2,49 | 20,93 | 13,93 | 0,493 | *a* |
| 5,570 | 5,25 | 5,25 | 173 | 51,33 | 0,163 | 38,78 | 4,11 | 5.526 | 21,62 | » | 21,62 | 14,58 | 0,558 | *b* |
| 4.729 | 4,00 | 4,00 | 220 | 51,33 | 0,186 | 36,86 | 5,43 | 4.729 | 21,72 | » | 21,72 | 13,32 | 0,699 | *c* |
| 4.944 | 3,96 | 3,61 | 417 | 61,50 | 0,334 | 39,36 | 5,69 | 4.981 | 22,53 | 1,78 | 20,75 | 14,76 | 0,783 | *d* |
| 5.664 | 6,05 | 5,53 | 99 | 74,00 | 0,106 | 39,27 | 3,92 | 5.765 | 23,72 | 2,37 | 21,35 | 15,60 | 0,541 | *e* |
| 4.858 | 5,99 | 5,99 | 122 | 62,00 | 0,150 | 39,22 | 3,57 | 5.009 | 21,38 | » | 21,38 | 14,00 | 0,490 | *f* |
| 5.704 | 5,64 | 5,22 | 97 | 76,00 | 0,096 | 39,14 | 4,07 | 7.020 | 22,95 | 1,73 | 21,22 | 14,97 | 0,684 | |
| 1.300 | 5,64 | » | 22 | 76,00 | 0,096 | » | » | 1.300 | » | » | » | 3,45 | | |
| 5.622 | 4,39 | 4,39 | 207 | 48,00 | 0,161 | 39,00 | 4,53 | 5.779 | 19.89 | » | 19,89 | 12,95 | 0,613 | |
| 6,184 | 5,91 | 5,52 | 157 | 71,00 | 0,150 | 40,38 | 3,86 | 6.184 | 22,81 | 1,48 | 21,33 | 15,34 | 0,545 | |
| 5.093 | 4,69 | 4,12 | 135 | 80,00 | 0,124 | 39,74 | 4,96 | 5.093 | 23.26 | 2,86 | 20,40 | 15,43 | 0,689 | |
| 4.844 | 6,70 | 6,70 | 97 | 60,00 | 0,134 | 40,93 | 3,21 | 4.928 | 21,52 | » | 21,52 | 14,68 | 0,460 | *g* |
| 4.972 | 5,58 | 5,27 | 127 | 64,00 | 0,143 | 41,43 | 3,94 | 5.015 | 21,99 | 1,23 | 20,76 | 15,20 | 0,572 | *h* |
| 5.742 | 4,54 | 4,54 | 161 | 48,00 | 0.127 | 39,86 | 3,59 | 5.793 | 20,84 | » | 20,84 | 13,83 | 0,639 | |
| 4.529 | 5,81 | 5,66 | 92 | 63,00 | 0,118 | 37,98 | 3,76 | 4.558 | 21,85 | 0,57 | 21,28 | 13,85 | 0,500 | *i* |

*f* Il a fallu souvent modérer le feu avec les registres, sans appareils.
*g* Il a fallu constamment modérer le feu.
*h* Il a fallu peu souffler.
*i* On eût obtenu une plus forte vaporisation si l'on n'eût pas essayé de produire de la vapeur sans les appareils Delabarre.

| Numéros d'ordre. | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. Matières volatiles. | Coke. Charbon. | Cendres. |
|---|---|---|---|---|---|
| 22 | Puits de l'Ouest. Veine du puits 10, à 75m de profondeur. . | 1,30 | 18 | 81,10 | 0,90 |
| 23 | Puits Chaptal, étage 118 à 150m, à l'ouest du puits. . . . . . | 1,28 | 20 | 73 | 7 |
| 24 | Puits des Jardins, à 42m,70. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,30 | 27 | 65 | 8 |
| 25 | Puits Sainte-Barbe, étage 179m, à 40m à l'ouest de Saint-Eloi. | 1,34 | 20 | 72,50 | 7,50 |
| 26 | Puits Chaptal au niveau de 199 dans la grande veine, à son point de contact avec la veine maigre. . . . . . . . . . . . | 1,29 | 18 | 80,75 | 1,25 |
| 27 | Puits Saint-Eloi, à 201m, à 80m en face le puits. Grande veine. | 1,28 | 19 | 79,40 | 1,60 |
| 28 | Puits Sainte-Barbe, étage 111, en face le puits. . . . . . . . | 1,29 | 18 | 79,30 | 2,70 |
| 29 | Puits Saint-Eloi, 18m . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,29 | 23 | 73,20 | 3,50 |
| 30 | Puits Saint-Eloi, 49m. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,34 | 21,50 | 64,40 | 14,10 |
| 31 | Puits de l'ouest. Veine du puits, 19 à 72m. . . . . . . . . | 1,26 | 21 | 77 | 2 |
| 32 | Puits, 19 à 95m. Veine ouest. . . . . . . . . . . . . . . . | 1,27 | 20 | 79,20 | 0,80 |
| 33 | Puits, 19 à 95m. Veine est. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,26 | 23 | 74 | 3 |
| 34 | Puits, 19 à 16m. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,28 | 26,50 | 65,50 | 8 |
| 35 | Puits de la Machine, à 28m. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,24 | 20 | 77 | 3 |
| 36 | Puits Sainte-Barbe, à 209m. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,38 | 17 | 74,7 | 8,3 |
| 37 | Puits du sud, à 138m. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,27 | 19,6 | 78,4 | 2 |
| 38 | Veine du mur à 20m, à l'est du puits Chaptal. Etage, 200m. . | » | 17 | 76,4 | 6,6 |
| | *Mine de Sully.* | | | | |
| 39 | Couche du petit puits. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 21,2 | 70,8 | 8 |
| 40 | Grand puits. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 16,2 | 64,8 | 20 |
| | HOUILLES GRASSES A LONGUE FLAMME. | | | | |
| | *Mine d'Epinac.* | | | | |
| 41 | Puits de la Garenne, 3e étage nord. Réunion des couches au toit. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,34 | 24,6 | 64,5 | 10,9 |
| 42 | Puits de la Garenne, 2e étage nord. Réunion des couches, 2e banc. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,28 | 26,6 | 67,9 | 5,5 |
| 43 | Puits de la Garenne, 2e étage nord. Réunion des couches, 3e banc. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,30 | 26,2 | 70,1 | 3,7 |
| 44 | Puits Micheneau, 2e étage nord, 4e couche. . . . . . . . . . | 1,27 | 28,4 | 69,8 | 1,8 |
| 45 | Puits Micheneau, 1er étage nord, 3e couche. . . . . . . . . . | 1,27 | 29,4 | 62,10 | 8,5 |
| 46 | Puits Micheneau, 2e étage nord, 3e couche. . . . . . . . . . | 1,25 | 31,2 | 64 | 4,8 |
| 47 | Puits Micheneau, 1er étage nord, 4e couche. . . . . . . . . . | 1,26 | 28,3 | 67 | 4,7 |
| 48 | Puits du Curier, 3e étage sud. Réunion sur la séparation. . . | 1,33 | 27,6 | 63,4 | 9 |
| 49 | Puits du Curier, 4e étage sud. Réunion sur la séparation. . . | 1,29 | 28,5 | 66,8 | 4,7 |
| 50 | Puits Hagermann, 3e étage nord, 3e couche sous la séparation. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,41 | 25,4 | 55,9 | 18,7 |
| 51 | Puits Hagermann, 3e étage nord, 4e couche. . . . . . . . . . | 1,30 | 28,5 | 64,40 | 7,1 |
| | *Mine des Petits-Châteaux.* | | | | |
| 52 | Couche du puits Saint-Jean. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 26 | 26 | 62 | 12 |

## TABLEAU D'ANALYSES

*exécutées en grande partie au laboratoire de Châlon.*

| Numéros d'ordre. | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. Matières volatiles. | Coke. Charbon. | Cendres. |
|---|---|---|---|---|---|
| | **HOUILLES ANTHRACITEUSES A COKE COMPLÉTEMENT PULVÉRULENT.** | | | | |
| | *Concesssion du Creuzot.* | | | | |
| 1 | Couche du Creuzot. Puits Chaussard, étage, 19ᵐ. | 1,30 | 15 | 81 | 4 |
| 2 | Couche du Creuzot. Découvert Chaussard. | 1,31 | 18,2 | 78,1 | 3,7 |
| 3 | Couche du Creuzot. Découvert des Moineaux. | 1,33 | 26,5 | 70,5 | 3 |
| 4 | Couche du Creuzot. Découvert des Moineaux. | » | 16,5 | 82,3 | 1,2 |
| 5 | Couche du Creuzot. Veine des Alouettes. Découvert Chrétien. | » | 11,56 | 86,90 | 1,54 |
| 6 | Couche du Creuzot Veine des Alouettes. Puits des Moineaux. | » | 9,37 | 86,23 | 4,40 |
| 7 | Couche du Creuzot. Affleurement au midi de la Fontaine du Cimetière. | » | 0,10 | 88,42 | 3 48 |
| 8 | Couche du Creuzot. Puits Robert, étage, 50ᵐ. | » | 13,90 | 83,95 | 2,15 |
| 9 | Couche du Creuzot. Puits Saint-Laurent à 100ᵐ à l'est de la recoupe qui a trouvé le charbon. | » | 15,3 | 83 | 1,7 |
| | *Mine de Blanzy.* | | | | |
| 10 | Puits Sainte-Barbe de Montmaillot. 1ʳᵉ grande couche de Blanzy, niveau de 280ᵐ. | » | 13,4 | 83,1 | 3,5 |
| 11 | Puits du Magny. 1ʳᵉ grande couche de Blanzy, extrémité ouest à 190ᵐ de profondeur. | » | 17 | 75,5 | 7,5 |
| | *Mine de la Chapelle-sous-Dun.* | | | | |
| 12 | Bassin de la Chapelle-sous-Dun. Lambeau de terrain houiller altéré par le porphyre du Dun au sud-est de Chassigny. | » | 0,116 | 0,839 | 0,054 |
| | **HOUILLES GRASSES A COURTE FLAMME.** | | | | |
| | *Concession du Creuzot.* | | | | |
| 13 | Grande couche du Creuzot. Veine Robert à 50ᵐ. | » | 15,91 | 80,73 | 3,36 |
| 14 | Grande couche du Creuzot. Puits Saint-François à 50ᵐ. | » | 16 | 82,82 | 1,18 |
| 15 | Grande couche du Creuzot, à la Plate-forme à 50ᵐ. | » | 17,25 | 80,72 | 2,03 |
| 16 | Grande veine du puits 14, à 100ᵐ. | » | 25,42 | 73,01 | 1,57 |
| 17 | Grande veine du puits 14, à 123ᵐ. | » | 25,40 | 73,10 | 1,50 |
| 18 | Petite veine du toit. Puits 14. | » | 22,56 | 63,69 | 13,48 |
| 19 | Veine des Nouillets, à 30ᵐ. | » | 28,34 | 62,96 | 8,71 |
| 20 | Veine d'Ouche, de 148 à 164ᵐ. | » | 21,23 | 77,51 | 1,26 |
| 21 | Veine de Mamby, à 164ᵐ. | » | 19,20 | 78,86 | 1,94 |

| COULEUR des cendres. | Plomb réduit par un gramme de houille. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|
| rouges. | 30 | Coke boursouflé, très-léger, métalloïde, bonne houille de forge, la houille est friable, poussière très-noire. |
| grises. | 30,80 | Mêmes caractères extérieurs, très-bonne houille à coke. |
| grises. | 28,30 | Charbon un peu plus dur que le précédent. |
| grises. | 29,90 | |
| rouges. | 33,2 | Charbon gras, assez friable; coke argentin et boursouflé. |
| rouges. | 31,6 | |
| rouges. | 30,60 | |
| grises. | 29,90 | Très-bonne houille à coke. |
| grises. | 25 | Charbon friable, éclat un peu terne, un peu pyriteux. |
| rouges | 29,50 | Bonne houille à coke. |
| rouges. | 29,50 | Bonne houille de forge. |
| rouges. | 31,40 | Bonne houille à coke, coke très-boursouflé. |
| gris-rosé. | 29,20 | Houille assez dure, bonne pour les machines. |
| | » | Houille dure, bonne à faire du coke. Eclat très-gras. |
| grises. | 25,10 | Coke légérement fritté. Charbon brillant. |
| roses. | 28,40 | Coke léger et métalloïde. |
| gris-clair. | 29,37 | Charbon friable. Eclat gras sur certaines cassures. Coke très-boursouflé avec éclat argentin. |
| gris-rosé. | 26,9 | Coke très-boursouflé, charbon à cassure conchoïde. |
| gris-rosé. | 20,54 | Coke médiocrement boursouflé. |
| grises. | 23,91 | Coke boursouflé métallique. Charbon dur brillant sur certaines cassures. |
| grises. | 25,87 | Mêmes caractères extérieurs. |
| grises. | 26,55 | Mêmes caractères extérieurs. |
| rouge-briq. | 26,95 | Charbon dur avec cassure conchoïde et brillante. Coke un peu boursouflé. |
| grises. | 24,02 | Mêmes caractères extérieurs. |
| grises. | 25,12 | Charbon dur; cassure conchoïde; éclat gras. Coke léger, brillant et argentin. |
| grises. | 25,32 | Mêmes caractères extérieurs que l'échantillon n° 46. |
| grises. | 23,87 | Charbon très-dur, terne, schisteux, avec lamelles calcaire et pyrite. Coke boursouflé et argentin. |
| gris-rosé. | 25,6 | Mêmes caractères extérieurs. |
| grises. | 18,65 | Charbon très-terne, dur, schisteux avec lamelles blanchâtres calcaires. Coke moins boursouflé. |
| grises. | 23,84 | Mêmes caractères extérieurs. |
| gris-rosé. | 24,05 | Coke argentin très-boursouflé. |

| Numéros d'ordre. | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. Matières volatiles. | Coke. Charbon. | Coke. Cendres. |
|---|---|---|---|---|---|
| 22 | Puits de l'Ouest. Veine du puits 10, à 75$^{m}$ de profondeur. . | 1,30 | 18 | 81 10 | 0,90 |
| 23 | Puits Chaptal, étage 118 à 150$^{m}$, à l'ouest du puits. . . . . . | 1,28 | 20 | 73 | 7 |
| 24 | Puits des Jardins, à 42$^{m}$,70. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,30 | 27 | 65 | 8 |
| 25 | Puits Sainte-Barbe, étage 179$^{m}$, à 40$^{m}$ à l'ouest de Saint-Eloi. | 1,34 | 20 | 72,50 | 7,50 |
| 26 | Puits Chaptal au niveau de 199 dans la grande veine, à son point de contact avec la veine maigre. . . . . . . . . . . . . | 1,29 | 18 | 80,75 | 1,25 |
| 27 | Puits Saint-Eloi, à 201$^{m}$, à 80$^{m}$ en face le puits. Grande veine. | 1,28 | 19 | 79,40 | 1,60 |
| 28 | Puits Sainte-Barbe, étage 111, en face le puits. . . . . . . . . | 1,29 | 18 | 79,50 | 2,50 |
| 29 | Puits Saint-Eloi, 18$^{m}$. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,29 | 23 | 73,20 | 3,80 |
| 30 | Puits Saint-Eloi, 49$^{m}$. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,34 | 21,50 | 64,40 | 14,10 |
| 31 | Puits de l'ouest. Veine du puits, 19 à 72$^{m}$. . . . . . . . . . . | 1,26 | 21 | 77 | 2 |
| 32 | Puits, 19 à 95$^{m}$. Veine ouest. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,27 | 20 | 79,20 | 0,80 |
| 33 | Puits, 19 à 95$^{m}$. Veine est. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,26 | 23 | 74 | 3 |
| 34 | Puits, 19 à 16$^{m}$. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,28 | 26,50 | 65,50 | 8 |
| 35 | Puits de la Machine, à 28$^{m}$. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,24 | 20 | 77 | 3 |
| 36 | Puits Sainte-Barbe, à 209$^{m}$. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,38 | 17 | 74,7 | 8,3 |
| 37 | Puits du sud, à 138$^{m}$. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,27 | 19,6 | 78,4 | 2 |
| 38 | Veine du mur à 20$^{m}$, à l'est du puits Chaptal. Etage, 200$^{m}$. . | » | 17 | 76,4 | 6,6 |
| | ***Mine de Sully.*** | | | | |
| 39 | Couche du petit puits. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 21,2 | 70,8 | 8 |
| 40 | Grand puits. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 16,2 | 54,8 | 29 |
| | HOUILLES GRASSES A LONGUE FLAMME. | | | | |
| | ***Mine d'Epinac.*** | | | | |
| 41 | Puits de la Garenne, 3$^{e}$ étage nord. Réunion des couches au toit. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,34 | 24,6 | 64,5 | 10,9 |
| 42 | Puits de la Garenne, 2$^{e}$ étage nord. Réunion des couches, 2$^{e}$ banc. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,28 | 26,6 | 67,9 | 5,5 |
| 43 | Puits de la Garenne, 2$^{e}$ étage nord. Réunion des couches, 3$^{e}$ banc. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,30 | 26,2 | 70,1 | 3,7 |
| 44 | Puits Micheneau, 2$^{e}$ étage nord, 4$^{e}$ couche. . . . . . . . . . | 1,27 | 28,4 | 69,8 | 1,8 |
| 45 | Puits Micheneau, 1$^{er}$ étage nord, 3$^{e}$ couche. . . . . . . . . | 1,27 | 29,4 | 62,10 | 8,5 |
| 46 | Puits Micheneau, 2$^{e}$ étage nord, 3$^{e}$ couche. . . . . . . . . . | 1,25 | 31,2 | 64 | 4,8 |
| 47 | Puits Micheneau, 1$^{er}$ étage nord, 4$^{e}$ couche. . . . . . . . . | 1,26 | 28,3 | 67 | 4,7 |
| 48 | Puits du Curier, 3$^{e}$ étage sud. Réunion sur la séparation. . | 1,33 | 27,6 | 63,4 | 9 |
| 49 | Puits du Curier, 4$^{e}$ étage sud. Réunion sur la séparation. . | 1,29 | 28,5 | 66,8 | 4,7 |
| 50 | Puits Hagermann, 3$^{e}$ étage nord, 3$^{e}$ couche sous la séparation. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,41 | 25,4 | 55,9 | 18,7 |
| 51 | Puits Hagermann, 3$^{e}$ étage nord, 4$^{e}$ couche. . . . . . . . . | 1,30 | 28,5 | 64,40 | 7,1 |
| | ***Mine des Petits-Châteaux.*** | | | | |
| 52 | Couche du puits Saint-Jean. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 26 | 26 | 62 | 12 |

| COULEUR des cendres. | Plomb réduit par un gramme de houille. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|
| rouges. | 30 | Coke boursouflé, très-léger, métalloïde, bonne houille de forge, la houille est friable, poussière très-noire. |
| grises. | 30,80 | Mêmes caractères extérieurs, très-bonne houille à coke. |
| grises. | 28,30 | Charbon un peu plus dur que le précédent. |
| grises. | 29,90 | |
| rouges. | 33,2 | Charbon gras, assez friable ; coke argentin et boursouflé. |
| rouges. | 31,6 | |
| rouges. | 30,60 | |
| grises. | 29,90 | Très-bonne houille à coke. |
| grises. | 25 | Charbon friable, éclat un peu terne, un peu pyriteux. |
| rouges | 29,50 | Bonne houille à coke. |
| rouges. | 29,50 | Bonne houille de forge. |
| rouges. | 31,40 | Bonne houille à coke, coke très-boursouflé. |
| gris-rosé. | 29,20 | Houille assez dure, bonne pour les machines. |
| | » | Houille dure, bonne à faire du coke. Éclat très-gras. |
| grises. | 25,10 | Coke légèrement fritté. Charbon brillant. |
| roses. | 28,40 | Coke léger et métalloïde. |
| gris-clair. | 29,37 | Charbon friable. Eclat gras sur certaines cassures. Coke très-boursouflé avec éclat argentin. |
| gris-rosé. | 26,9 | Coke très-boursouflé, charbon à cassure conchoïde. |
| gris-rosé. | 20,54 | Coke médiocrement boursouflé. |
| grises. | 23,91 | Coke boursouflé métallique. Charbon dur brillant sur certaines cassures. |
| grises. | 25,87 | Mêmes caractères extérieurs. |
| grises. | 26,55 | Mêmes caractères extérieurs. |
| rouge-briq. | 26,95 | Charbon dur avec cassure conchoïde et brillante. Coke un peu boursouflé. |
| grises. | 24,02 | Mêmes caractères extérieurs. |
| grises. | 25,12 | Charbon dur; cassure conchoïde; éclat gras. Coke léger, brillant et argentin. |
| grises. | 25,32 | Mêmes caractères extérieurs que l'échantillon n° 46. |
| grises. | 23,87 | Charbon très-dur, terne, schisteux, avec lamelles calcaire et pyrite. Coke boursouflé et argentin. |
| gris-rosé. | 25,6 | Mêmes caractères extérieurs. |
| grises. | 18,65 | Charbon très-terne, dur, schisteux avec lamelles blanchâtres calcaires. Coke moins boursouflé. |
| grises. | 23,84 | Mêmes caractères extérieurs. |
| gris-rosé. | 24,05 | Coke argentin très-boursouflé. |

| Numéros d'ordre. | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Matières volatiles. | Coke. | |
| | | | | Charbon. | Cendres. |
| | ***Mine de Grand-Champ.*** | | | | |
| 53 | Grande veine, dite couches de forges. . . . . . . . . . . . . . | » | 26 | 45,59 | 28,[illegible] |
| 54 | Grande veine, dite couche de forges. Puits Saint-Martin. Etage, 53m. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,51 | 26,6 | 45,9 | 27,[illegible] |
| 55 | Petite couche de 2m, dite de forge. . . . . . . . . . . . . . . . | » | 28,90 | 56,25 | 1[illegible] |
| 56 | Petite couche de 2m, dite de forge. Puits Saint-Martin. Etage, 53m. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,32 | 28 | 62 | 10 |
| | **HOUILLES DEMI-GRASSES.** | | | | |
| | ***Mine d'Epinac.*** | | | | |
| 57 | Puits Hagermann, 3e étage sud. Réunion sous la séparation. | 1,30 | 31,2 | 58,8 | 10 |
| 58 | Puits Sainte-Barbe, 3e étage nord (réunion des couches). . | 1,30 | 36,8 | 58,4 | 4,[illegible] |
| 59 | Puits Sainte-Barbe, 3e étage sud. Réunion des couches. . . . | 1,32 | 32,7 | 60,6 | 6,7 |
| | ***Mine de Blanzy.*** | | | | |
| 60 | Puits Saint-Claude à 100m de profondeur, 3e petite couche de Blanzy probablement. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 37,5 | 59,7 | 2,[illegible] |
| 61 | Puits Sainte-Elisabeth. Grande couche à 230m. . . . . . . . . | » | 36,5 | 61 | 2,[illegible] |
| 62 | Puits du Magny. 1re grande couche à 18m à l'est du grand plan de centre, à 185m de profondeur. . . . . . . . . . . . | » | 35 | 53,6 | 11,4 |
| 63 | Puits du Magny, extrémité est, niveau à 227m. 1re grande couche. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 34,5 | 61 | 4,5 |
| 64 | Puits du Magny. 1re grande couche, extrémité est au niveau de 200m. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 35,3 | 57,30 | [illegible] |
| 65 | Puits du Magny. 1re grande couche à 120m ouest du grand plan de centre, à 175m de profondeur. . . . . . . . . . . . | » | 24,4 | 68,6 | 7 |
| 66 | Puits du Magny. 1re grande couche à 70m ouest du grand plan de centre à 175m de profondeur. . . . . . . . . . . . . . . | » | 24,5 | 63,8 | 11,[illegible] |
| 67 | Puits Cinq-Sous. 2e grande couche à 325m de profondeur, 14m d'épaisseur. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 35,5 | 58,7 | 5 |
| 68 | Puits Lucy. 2e couche, direction inférieure est, à 400m du puits. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 36 | 56 | |
| 69 | Puits Lucy. 2e grande couche, galerie supérieure à gauche, à 40m est du puits, 20m au-dessus de l'accrochage. . . . . | » | 37 | 60,2 | |
| 70 | Puits Lucy. 2e grande couche, 1re galerie à droite, à 10m au-dessus de l'accrochage, à 40m à l'ouest du puits. . . . . . . | » | 37 | 57 | |

| Cendres dans 100 parties de coke. | Rapport entre les matières volatiles et les houilles sans cendre. | COULEUR des cendres. | Plomb réduit par un gramme de houille. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 1,10 | 0,182 | rouges. | 30 | Coke boursouflé, très-léger, métalloïde, bonne houille de forge, la houille est friable, poussière très-noire. |
| 8,5 | 0,215 | grises. | 30,80 | Mêmes caractères extérieurs, très-bonne houille à coke. |
| 11 | 0,295 | grises. | 28,30 | Charbon un peu plus dur que le précédent. |
| 9 | 0,216 | grises. | 29,90 | |
| 1,50 | 0,182 | rouges. | 33,2 | Charbon gras, assez friable ; coke argentin et boursouflé. |
| 2 | 0,193 | rouges. | 31,6 | |
| 3 | 0,186 | rouges. | 30,60 | |
| 5 | 0,24 | grises. | 29,90 | Très-bonne houille à coke. |
| 18 | 0,25 | grises. | 25 | Charbon friable, éclat un peu terne, un peu pyriteux. |
| 2,50 | 0,214 | rouges | 29,50 | Bonne houille à coke. |
| 1 | 0,20 | rouges. | 29,50 | Bonne houille de forge. |
| 4 | 0,237 | rouges. | 31,40 | Bonne houille à coke, coke très-boursouflé. |
| 11 | 0,29 | gris-rosé. | 29,20 | Houille assez dure, bonne pour les machines. |
| 3,75 | 0,21 | | » | Houille dure, bonne à faire du coke. Eclat très-gras. |
| 10 | 0,180 | grises. | 25,10 | Coke légèrement fritté. Charbon brillant. |
| 2,5 | 0,20 | roses. | 28,40 | Coke léger et métalloïde. |
| 8 | 0,182 | gris-clair. | 29,37 | Charbon friable. Eclat gras sur certaines cassures. Coke très-boursouflé avec éclat argentin. |
| 10 | 0,23 | gris-rosé. | 26,9 | Coke très-boursouflé, charbon à cassure conchoïde. |
| 34,5 | 0,228 | gris-rosé. | 20,54 | Coke médiocrement boursouflé. |
| 14,5 | 0,277 | grises. | 23,91 | Coke boursouflé métallique. Charbon dur brillant sur certaines cassures. |
| 7,5 | 0,28 | grises. | 25,87 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 5 | 0,275 | grises. | 26,55 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 2,5 | 0,29 | rouge-briq. | 26,95 | Charbon dur avec cassure conchoïde et brillante. Coke un peu boursouflé. |
| 12 | 0,32 | grises. | 24,02 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 7 | 0,33 | grises. | 25,12 | Charbon dur; cassure conchoïde; éclat gras. Coke léger, brillant et argentin. |
| 6,5 | 0,298 | grises. | 25,32 | Mêmes caractères extérieurs que l'échantillon n° 46. |
| 12,5 | 0,305 | grises. | 23,87 | Charbon très-dur, terne, schisteux, avec lamelles calcaire et pyrite. Coke boursouflé et argentin. |
| 6,5 | 0,30 | gris-rosé. | 25,6 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 25 | 0,31 | grises. | 18,65 | Charbon très-terne, dur, schisteux avec lamelles blanchâtres calcaires. Coke moins boursouflé. |
| 10 | 0,307 | grises. | 23,84 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 16,5 | 0,295 | gris-rosé. | 24,05 | Coke argentin très-boursouflé. |

| Numéros d'ordre. | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. Matières volatiles. | Coke. Charbon. | Cendres. |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Mine de Grand-Champ.* | | | | |
| 53 | Grande veine, dite couches de forges. | » | 26 | 45,59 | 28,41 |
| 54 | Grande veine, dite couche de forges. Puits Saint-Martin. Etage, 53m. | 1,51 | 26,6 | 45,9 | 27,5 |
| 55 | Petite couche de 2m, dite de forge. | » | 28,90 | 56,25 | 14,84 |
| 56 | Petite couche de 2m, dite de forge. Puits Saint-Martin. Etage, 53m. | 1,32 | 28 | 62 | 10 |
| | HOUILLES DEMI-GRASSES. | | | | |
| | *Mine d'Epinac.* | | | | |
| 57 | Puits Hagermann, 3e étage sud. Réunion sous la séparation. | 1,30 | 31,2 | 58,8 | 10 |
| 58 | Puits Sainte-Barbe, 3e étage nord (réunion des couches). | 1,30 | 36,8 | 58,4 | 4,8 |
| 59 | Puits Sainte-Barbe, 3e étage sud. Réunion des couches. | 1,32 | 32,7 | 60,6 | 6,70 |
| | *Mine de Blanzy.* | | | | |
| 60 | Puits Saint-Claude à 100m de profondeur, 3e petite couche de Blanzy probablement. | » | 37,5 | 59,7 | 2,8 |
| 61 | Puits Sainte-Elisabeth. Grande couche à 230m. | » | 36,5 | 61 | 2,50 |
| 62 | Puits du Magny. 1re grande couche à 18m à l'est du grand plan de centre, à 185m de profondeur. | » | 35 | 53,6 | 11,4 |
| 63 | Puits du Magny, extrémité est, niveau à 227m. 1re grande couche. | » | 34,5 | 61 | 4,5 |
| 64 | Puits du Magny. 1re grande couche, extrémité est au niveau de 200m. | » | 35,3 | 57,30 | 7,40 |
| 65 | Puits du Magny. 1re grande couche à 120m ouest du grand plan de centre, à 175m de profondeur. | » | 24,4 | 68,6 | 7 |
| 66 | Puits du Magny. 1re grande couche à 70m ouest du grand plan de centre à 175m de profondeur. | » | 24,5 | 63,8 | 11,7 |
| 67 | Puits Cinq-Sous. 2e grande couche à 325m de profondeur, 14m d'épaisseur. | » | 35,5 | 58,7 | 5,8 |
| 68 | Puits Lucy. 2e couche, direction inférieure est, à 400m du puits. | » | 36 | 56 | 8 |
| 69 | Puits Lucy. 2e grande couche, galerie supérieure à gauche, à 40m est du puits, 20m au-dessus de l'accrochage. | » | 37 | 60,2 | 2,8 |
| 70 | Puits Lucy. 2e grande couche, 1re galerie à droite, à 10m au-dessus de l'accrochage, à 40m à l'ouest du puits. | » | 37 | 57 | 6 |

| Cendres dans 100 parties de coke. | Rapport entre les matières volatiles et les houilles sans cendres. | COULEUR des cendres. | Plomb réduit par un gramme de houille. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| » | 36,03 | grises. | » | M. Aumont. |
| 37,5 | 7,37 | grises. | 17,57 | Charbon terne schisteux, assez friable, poussière brune. Coke moyennement boursouflé. |
| » | 0,34 | grisâtres. | » | M. Aumont. Houille terne, fragile. Coke boursouflé métalloïde. |
| 14 | 0,31 | rosées. | 24,2 | Coke argentin très-léger, très-boursouflé. Charbon très-friable, un peu pyriteux, avec lamelles calcaires. |
| 14,5 | 0,35 | grises. | 22,97 | Charbon très-terne, dur, schisteux avec lamelles blanchâtres calcaires. Coke boursouflé. |
| 7,5 | 0,39 | gris clair. | 25,40 | Charbon schisteux, très-pyriteux avec lamelles calcaires, poussière brune; passe à la houille maigre. |
| 10 | 0,35 | gris clair. | 23,20 | Charbon dur avec cassure conchoïde et brillante. Coke un peu boursouflé. |
| 4,5 | 0,395 | grises. | 26,45 | Echantillon un peu ancien. Houille terne, un peu schisteuse, pyriteuse. Coke aggloméré, argentin, uni, boursouflé. |
| 4 | 0,375 | blanches. | 27,13 | Charbon très-brillant, friable. Coke argentin, boursouflé. |
| 16,5 | 0,395 | grises. | 23,47 | Charbon très-sec, se clivant en petits cubes, poussière très-brune. Coke aggloméré, argentin, un peu boursouflé; passe à la houille maigre. |
| 7 | 0,36 | blanches. | 26,65 | Charbon barré avec lamelles calcaires, brillant sur certaines cassures. Coke aggloméré, mais non boursouflé. |
| 11,5 | 0,38 | grises. | 24,65 | Coke aggloméré, mais non boursouflé. |
| 5,3 | 0,262 | gris clair. | 28,09 | Charbon brillant à faces polies et arrondies. Coke peu aggloméré; passage des houilles anthraciteuses aux houilles mi-grasses. |
| 15,5 | 0,278 | blanches. | 25,17 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 9 | 0,377 | blanches. | 24,23 | Echantillon un peu ancien. Charbon dur, brillant, se clivant assez facilement; poussière brune. Coke aggloméré, mi-boursouflé. |
| 12,5 | 0,39 | blanches. | 24,85 | Charbon barré, très-brillant sur certaines cassures. Coke légèrement argentin, un peu boursouflé. |
| 4,5 | 0,38 | gris clair. | 26,70 | Mêmes caractères extérieurs. Coke boursouflé. |
| 9,5 | 0,395 | blanches. | 25,38 | Mêmes caractères extérieurs. Coke peu aggloméré. |

| Numéros d'ordre. | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. Matières volatiles. | Coke. Charbons. | Cendres. |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Mine de Saint-Berain.* | | | | |
| 71 | Puits des Carrières. 2e couche à 58m. | 1,32 | 31 | 59 | 10 |
| | HOUILLE MAIGRE A LONGUE FLAMME. *Mine de Blanzy.* | | | | |
| 72 | Grands puits de Montmaillot. 3e petite couche. Etage, 82m. | 1,38 | 41,7 | 40,3 | 18 |
| 73 | Puits Lucy, 2. 1re grande couche. | 1,30 | 36,50 | 49,2 | 14,3 |
| 74 | Puits Lucy, 3. 1re grande couche. | 1,30 | 34,60 | 55,60 | 9,80 |
| 75 | Même couche à Lucy. | » | 35 | 51 | 14 |
| 76 | Puits Carrière. Même couche. | 1,31 | 42 | 49 | 9 |
| 77 | Puits Saint-Pierre. Même couche. | 1,28 | 44,60 | 52,10 | 3,30 |
| 78 | Puits Sainte-Marie. 1re grande couche. Etage, 150m. | 1,29 | 43,50 | 48,70 | 7,8 |
| 79 | Puits Saint-François. Même couche. | 1,27 | 44,40 | 54,70 | 1,90 |
| 80 | Autre échantillon. | » | 49 | 49,7 | 1,3 |
| 81 | Puits Cinq-Sous. Même couche. Etage, 200m. | 1,30 | 43 | 49 | 8 |
| 82 | Puits Cinq-Sous. Etage, 225m. | » | 44,3 | 51,70 | 4 |
| 83 | Puits Sainte-Hélène. 2e grande couche. | 1,32 | 40,5 | 44,60 | 14,90 |
| 83 | Autre échantillon. | 1,31 | 40 | 44,5 | 15,5 |
| 85 | Autre échantillon. | » | 40 | 52 | 8 |
| 86 | Puits Sainte-Marie. 2e grande couche. Etage, 230m. | 1,30 | 40 | 53 | 7 |
| 87 | Autre échantillon. | » | 40,7 | 53,3 | 6 |
| 88 | Première grande couche au Montceau. | » | 42 | 43 | 5 |
| 89 | Puits Blanzy, 3. Petite couche, probablement la première. | 1,28 | 38 | 56 | 6 |
| 90 | Puits des Communautés. | » | 32,25 | 62,30 | 5,45 |
| 91 | Puits du Ragny. | » | 36,80 | 54,65 | 8,55 |
| | *Mine de Montchanin.* | | | | |
| 92 | Grande veine. | » | 46,01 | 52,51 | 1,48 |
| 93 | Veine du milieu. | » | 42,13 | 51,35 | 6,52 |
| 94 | Veine Quétel. | » | 43,88 | 49,39 | 6,73 |
| 95 | Puits Jumeaux. Granche couche. Etage, 68m. | 1,305 | 43 | 44,50 | 12,50 |
| 96 | Puits Neuf. Grande couche. Etage, 58m. | 1,29 | 46 | 46 | 8 |
| 97 | Puits du Bois. Etage, 36m. | 1,282 | 44 | 45 | 11 |
| 98 | Puits Quétel. Etage. 21m. | 1,281 | 45 | 41 | 14 |
| 99 | Puits de la Grille. Etage à 50m. | 1,33 | 35 | 55,25 | 9,75 |
| 100 | Puits de la Grille. Etage, 103m. | 1,32 | 43,6 | 45,70 | 10,7 |
| 101 | Puits Wilson. Couche rencontrée par la galerie à 106m du jour. | 1,33 | 46 | 45,40 | 8,60 |

| Cendres dans 100 parties de coke. | Rapport entre les matières volatiles et les houilles sans cendre. | COULEUR des cendres. | Plomb réduit par un gramme de houille. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 14,50 | 0,345 | gris rosé. | 23,70 | Charbon terne, un peu friable. Coke léger, boursouflé et argentin. |
| 32 | 0,51 | rouge briq. | 16,22 | Charbon schisteux, avec lamelles calcaires. Coke peu aggloméré. |
| 22 | 0,426 | grises. | 21,20 | Charbon terne, très-dur, se clivant facilement. Coke peu aggloméré. |
| 15 | 0,39 | grises. | 24,20 | Mêmes caractères. |
| » | 0,40 | blanches. | » | Analyse citée par M. Manès. Essai fait à Saint-Etienne par M. Fénéon sur des échantillons recueillis dans les magasins de Saint-Léger. |
| 16 | 0,464 | grises. | 23,20 | Mêmes particularités. |
| 6 | 0,46 | grises. | » | Mêmes particularités. |
| 14 | 0,475 | grises. | 23,85 | Charbon barré, pyriteux, à poussière très-brune. |
| 3,5 | 0,454 | gris foncé. | 24,40 | Mêmes caractères. |
| 2,5 | 0,495 | | 24,82 | |
| 14 | 0,47 | | 22,90 | |
| 7 | 0,46 | | 25,90 | |
| 25 | 0,477 | grises. | 22,40 | |
| 22,05 | 0,475 | gris bleu. | 22,75 | |
| 3 | 0,435 | gris bleu. | 23,70 | |
| 11 | 0,43 | gris clair. | 22,75 | |
| 10 | 0,432 | gris clair | 23,23 | |
| 58 | 0,44 | blanches. | » | M. Fénéon. Echantillon d'un puits du Montceau. |
| 10 | 0,403 | gris rosé. | 25 | Coke aggloméré, mais non boursouflé. |
| » | 0,340 | | » | |
| » | 0,407 | | » | |
| » | 0,46 | blanches. | » | M. Aumont. Houille d'un noir foncé, cassure éclatante, dure. Coke à peine réuni. |
| » | 0,45 | blanches. | » | M. Aumont. Houille moins foncée, moins brillante. Coke à à peine réuni. |
| » | 0,47 | | » | M. Aumont. Mêmes caractères. |
| 22 | 0,49 | noires. | 24,80 | Charbon schisteux, terne, très-impur, assez friable, poussière brune. |
| 15 | 0,50 | noires. | 24,60 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 20 | 0,494 | | 24.80 | |
| 26 | 0,524 | | 23,80 | |
| 15 | 0,39 | gris rosé. | 20,99 | Charbon terne, très-impur, très-pyriteux; poussière brune. Coke fritté. |
| 19 | 0,49 | gris rosé. | 18,79 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 16 | 0,503 | gris clair. | 21,35 | Charbon terne, nerveux. C'est peut-être la représentation de la première grande couche de Blanzy. |

| Numéros d'ordre | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Matières volatiles. | Coke. | |
| | | | | Charbon. | Cendres. |
| 102 | Puits Wilson. Petite couche de 3m, rencontrée en prolongeant la galerie à travers banc, à 106m | 1,21 | 42 | 45 | 13 |
| 103 | Puits Sainte-Barbe. Petite couche de 1m,30 d'épaisseur, rencontrée par la galerie à 303m du jour | 1,32 | 41 | 45 | 14 |
| 104 | Puits Sainte-Barbe. Couche inférieure à la précédente, à 340m du jour | » | 40 | 56 | 4 |
| | *Mine de Longpendu.* | | | | |
| 105 | Echantillon de l'un des puits | » | 42,65 | 52,43 | 4,92 |
| 106 | Grand puits. 3e couche, partie verticale. Etage, 168m | 1,32 | 40 | 51,30 | 8,70 |
| 107 | Puits Louise. 186m. 3e couche, partie inclinée de 21° | 1,31 | 41,50 | 50,90 | 7,60 |
| 108 | Puits Louise. 186m. 2e couche, partie inclinée de 22° | 1,297 | 44,50 | 50,25 | 5,25 |
| 109 | Grand puits. 108m. 2e couche, partie verticale | 1,294 | 46 | 48,6 | 5,4 |
| 110 | Puits Jumeaux. 140m. 2e couche, partie dite du Crochet | 1,31 | 39 | 50 | 11 |
| 111 | Grand puits. Etage, 166m. 1re couche, partie verticale | 1,31 | 42 | 43 | 15 |
| | *Mine des Fauches.* | | | | |
| 112 | Puits du Manége. Couche supérieure à 40m du jour | 1,39 | 35,8 | 48,5 | 15,70 |
| 113 | Puits Sainte-Marie. 1re couche, puissance 2m. Etage, 100m | 1,38 | 44 | 43,7 | 12,30 |
| 114 | Puits Sainte-Marie. 2e couche | » | 41 | 46 | 13 |
| | *Mine de Saint-Berain.* | | | | |
| 115 | Puits Jumeaux | » | 32,10 | 46,57 | 20,93 |
| 116 | Puits Saint-Charles | » | 33 | 47,50 | 19,50 |
| 117 | Puits de la Vigne | » | 27,50 | 47,05 | 25,48 |
| 118 | Puits la Molière | « | 27,50 | 46,03 | 26,47 |
| 119 | Puits des Quatre-Bras | « | 37,25 | 47,05 | 15,70 |
| 120 | Puits Charost | « | 30 | 60 | 10 |
| 121 | Puits Jumeaux. 2e couche ou grande couche à 100m | 1,36 | 35 | 51 | 14 |
| 122 | Puits Jumeaux. Grande couche à 80m | 1,38 | 34,50 | 51,60 | 14 |
| 123 | Puits Jumeaux. 1re couche, dite petite couche, à 67m | 1,39 | 38 | 49,6 | 12,4 |
| 124 | Puits de la Citadelle à 68m | 1,34 | 43 | 49,6 | 7,40 |
| 125 | Puits de recherche de Charrecey, sur la couche rencontrée en 1857 | 1,34 | 42,20 | 46,80 | 11 |
| | *Bassin houiller de Forges.* | | | | |
| 126 | 1re couche. Etage, 66m, à 88m du puits au nord en galerie | 1,37 | 45,36 | 35,6 | 21,5 |

| Cendres dans 100 parties de coke. | Rapport entre les matières volatiles et les houilles sans cendre. | COULEUR des cendres. | Plomb réduit par un gramme de houille. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 22 | 0,482 | gris clair. | 19,50 | Coke à peine aggloméré. |
| 24 | 0,477 | gris rosé. | 19,30 | Charbon très-impur, très-friable. C'est probablement la première couche de Longpendu rejetée par la grande faille. |
| 7 | 0,44 | blanches. | 20,60 | Charbon terne, avec lamelles calcaires. Coke peu boursouflé, argentin. 2e couche présumée de Longpendu. |
| » | 0,441 | | » | M. Aumont. Morceau choisi pris à 80m, divisé par bandes éclantes et tendres. |
| 14,5 | 0,441 | grisâtres. | 23,1 | Charbon nerveux, friable, cassure brillante, poussière très-brune. |
| 13 | 0,45 | grises. | 22,20 | Coke non boursouflé, mais avec aspect métallique. |
| 9,50 | 0,47 | blanches. | 23,70 | Charbon terne, pyriteux, assez dur. Coke à aspect argentin. |
| 10 | 0,487 | blanches. | 22,80 | Charbon très-dur, un peu pyriteux. |
| 19 | 0,44 | | 23,40 | Cassure fraîche, très-brillante. |
| 20 | 0,494 | grises. | 22,80 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 24,5 | 0,425 | grises. | 18,74 | Charbon terne, très-pyriteux, très-dur. Coke à peine boursouflé. |
| 22 | 0,502 | gris terne. | | Mêmes caractères extérieurs. |
| 22 | 0,47 | grises. | 19,30 | Coke fritté. |
| » | 0,401 | rougeâtres | » | M. Fénéon. Fragment recueilli par lui dans la mine. |
| » | 0,41 | | » | M. Fénéon. Fragments recueillis par lui dans la mine. |
| » | 0,361 | | » | M. Fénéon. Fragments recueillis par lui dans la mine. |
| » | 0,370 | | » | M. Fénéon. Fragment recueilli par lui dans la mine. |
| » | 0,42 | | » | M. Fénéon. Fragment recueilli par lui dans la mine. |
| » | 0,33 | | » | M. Fénéon. Fragment recueilli par lui dans la mine. |
| 22 | 0,407 | grises. | 21,30 | Charbon très-terne, pyriteux, avec lamelles calcaires. Coke fritté. |
| 21 | 0,40 | | 21 | |
| 20 | 0,435 | grises. | 21,80 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 13 | 0,465 | | 19,80 | |
| 19 | 0,475 | gris rosé. | | Charbon très-impur, très-barré. |
| 37,5 | 0,546 | gris foncé. | 15,85 | Charbon schisteux, brillant sur quelques cassures fraîches. |

| Numéros d'ordre. | ORIGINE DES HOUILLES. | Densité. | COMPOSITION des houilles. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Matières volatiles. | Coke. | |
| | | | | Charbons. | Cendres. |
| 127 | 2e couche. Etage, 66m, à 100m au nord du puits. | 1,29 | 44,3 | 47,9 | 7,8 |
| 128 | Même couche | 1,30 | 45 | 49 | 6 |
| | ***Mine d'Epinac.*** | | | | |
| 129 | Puits des Souachères. 1er étage nord, réunion sous la séparation | 1,44 | 35,4 | 53,30 | 11,30 |
| 130 | Puits des Souachères. 1er étage sud. Réunion sur la séparation. | 1,32 | 38,1 | 56,3 | 5,6 |
| 131 | Puits des Souachères. 1er étage sud. Réunion sous la séparation. | 1,31 | 39,6 | 54,4 | 6 |
| 132 | Puits des Souachères. 1er étage sud. Réunion sous la séparation. Galerie Sainte-Barbe. | 1.30 | 36,8 | 58,4 | 4,8 |
| | ***Mine de Sully.*** | | | | |
| 133 | Galerie Sainte-Barbe. Partie inférieure de la 2e couche. | 1,47 | 36,4 | 33,1 | 30,5 |
| 134 | Même couche. Partie inférieure. Epaisseur, 1m,10. | 1,23 | 45 | 50,3 | 4,7 |
| 135 | Puits de la Garenne. 1re couche exploitée pour le chauffage de la machine. Epaisseur, 1m,20. | 1,55 | 33 | 30,5 | 36,5 |
| | ***Mine du Grand-Moloy.*** | | | | |
| 136 | Galerie Haber. | 1,28 | 43,2 | 48,6 | 8,2 |
| 137 | Galerie du bord de l'eau. | 1,24 | 43,5 | 51,70 | 4,8 |
| 138 | 2e couche, près du puits des Barbottes. | 1,23 | 41,2 | 56,7 | 2,1 |
| | ***Mine de Chambois.*** | | | | |
| 139 | Seule couche exploitée. Etage des schistes bitumineux. | » | 33,5 | 50,5 | 16 |
| | ***Mine de la Chapelle-sous-Dun.*** | | | | |
| 140 | Puits Plattard. Grande couche, banc inférieur. | 1,44 | 48,7 | 34,1 | 17,2 |
| 141 | Puits Plattard. Grande couche, banc supérieur. | 1,30 | 49,5 | 37,8 | 12,7 |
| 142 | Puits n° 6. Grande couche, banc inférieur. | 1,38 | 48,5 | 38,1 | 13,4 |
| 143 | Puits n° 6. Grande couche, banc supérieur. | 1,24 | 46 | 40 | 14 |
| 144 | Puits de la Pompe. Banc inférieur. | » | 49,2 | 44,7 | 6,1 |
| 145 | Puits de la Pompe. Banc supérieur. | » | 50,2 | 44,1 | 5,7 |
| 146 | Puits du Manége. Banc inférieur. | » | 47,8 | 41,5 | 16,7 |
| 147 | Puits du Manége. Banc supérieur. | 1,31 | 47,4 | 41,8 | 10,8 |
| 148 | Même couche, sans désignation de puits. | 1,225 | 50 | 47 | 3 |
| 149 | Couche Couchalon. | 1,49 | 44,6 | 31,90 | 23,50 |

| Cendres dans 100 parties de coke. | Rapport entre les matières volatiles et les houilles sans cendre. | COULEUR des cendres. | Plomb réduit par un gramme de houille. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 14 | 0,48 | gris jaune. | 19,21 | Mêmes caractères extérieurs. |
| » | 0,484 | rougeâtres | » | Analyse faites par M. l'ingénieur en chef Drouot. |
| 17,50 | 0,41 | lie de vin. | 20,20 | Charbon barré, schisteux. Coke très-imparfaitement aggloméré. |
| 9 | 0,40 | grises. | 21,84 | |
| 10 | 0,423 | rouge briq. | 21,25 | |
| 7,5 | 0,39 | | » | |
| 4,8 | 0,522 | rouge briq. | 13,30 | Charbon terne, barré, pyriteux. |
| 3,5 | 0,472 | lie de vin. | 21,02 | Charbon noir à cassure conchoïde et brillante, pyriteux, poussière brune. Coke fritté. |
| 54,5 | 0,52 | rouge briq. | 12,48 | C'est plutôt du schiste charbonneux que de la houille. |
| 14,5 | 0,47 | gris terne. | 19,5 | Charbon terne, très-dur, très-pyriteux. |
| 8,5 | 0,457 | gris terne. | 20,5 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 3,5 | 0,42 | rouge briq. | 21,20 | Charbon noir, très-dur, cassure conchoïde. |
| 24 | 0,40 | gris rosé. | 21,14 | Charbon terne, schisteux, poussière brune. |
| 33,5 | 0,59 | grises. | 14,22 | Charbon très-barré, avec lamelles blanchâtres calcaires Coke à peine aggloméré. |
| 25 | 0,57 | grises. | 14,35 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 26 | 0,56 | grises. | 14,35 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 26 | 0,535 | rouge briq. | 15 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 12 | 0,523 | jaune pâle. | 17,45 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 11,5 | 0,53 | jaune pâle. | 16,41 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 20,5 | 0,535 | | 16,16 | Mêmes caractères extérieurs. |
| 20,5 | 0,53 | | 16,10 | Mêmes caractères extérieurs. |
| | 0,515 | | » | Mêmes caractères extérieurs. |
| 42,5 | 0,585 | grises. | 12,74 | Mêmes caractères extérieurs. |

# MACHINE A COLONNE D'EAU

CONSTRUITE A SAINT-NICOLAS (MEURTHE) EN MAI 1860.

Par M. J. P. PFETSCH, ingénieur-directeur des mines de sel et salines de Saint-Nicolas-Varangéville.

Les constructions de l'établissement des mines de sel gemme et salines de Saint-Nicolas-Varangéville furent commencées sous ma direction et d'après mes plans au mois de septembre 1855.

A côté de la fabrication du sel cristallisé, la société propriétaire se proposait, comme objet principal, l'exploitation du sel gemme; aussi le fonçage d'un puits fut-il commencé en même temps que les premières constructions de l'usine.

Le fonçage rencontra, à 30 mètres de profondeur, des sources d'eau douce dont l'abondance augmenta bientôt d'une manière considérable; de sorte que pour rendre le travail des mineurs moins pénible et plus rapide, on construisit à côté du puits, à la profondeur où l'on se trouvait, un bassin cimenté où les eaux furent recueillies pour être ensuite élevées au jour à l'aide d'une pompe.

Avant d'arriver à la première couche de sel, on fit précéder le travail du fonçage d'un trou de sonde, destiné à faire connaître, en temps opportun, la présence d'une nappe d'eau qui pourrait se trouver immédiatement au-dessus du sel. Cette hypothèse était d'autant plus vraisemblable qu'une saline voisine exploitait une source salée.

Quoi qu'il en soit, à une profondeur de 79$^{m}$,60, on rencontra le sel complétement à sec.

Plusieurs couches de sel de différentes épaisseurs furent traversées jusqu'à 87 mètres de profondeur, où l'on ouvrit des galeries dans une couche qui a 7$^{m}$,10 de puissance.

Cependant on reconnut bientôt que ce sel gemme n'était pas assez pur pour être livré au commerce, et il fut résolu que l'on poursuivrait le fonçage dans le but de trouver du sel plus convenable.

Enfin, à 108$^{m}$,50 de profondeur, on traversa la onzième couche de sel, au-dessous de laquelle est un banc de marne d'une grande épaisseur; car on ne l'a pas complétement traversé, quoiqu'on ait pénétré jusqu'à 7$^{m}$,50 pour faire un puisard. Là fut arrêté le fonçage.

Le sel gemme de la onzième couche est très-beau. Les galeries principales y ont été ouvertes sur une largeur de 9 mètres et 5$^{m}$,50 de hauteur, et les galeries latérales, sur 8 mètres de largeur et 5$^{m}$,50 de hauteur.

Le deuxième fonçage et les travaux d'installation du fond se sont faits, en même temps que l'on extrayait, chaque jour, le sel gemme nécessaire pour la fabrication du sel raffiné.

Jusqu'à présent la préparation de l'eau salée s'était faite à l'usine, dans de grands bassins construits au jour, en y soumettant le sel gemme à la dissolution.

On comprendra facilement que l'eau salée coûtait cher par ce mode de préparation; aussi n'était-ce là qu'un procédé tout à fait transitoire.

Dès le commencement du fonçage, en effet, on avait déjà l'idée de préparer l'eau salée au fond du puits, lorsque les galeries seraient suffisamment avancées: l'eau devait se saturer tout en faisant, de distance en

distance, dans le sel, des entailles verticales destinées à faciliter l'abatage par la mine. Enfin, l'eau salée devait être élevée, à l'aide de pompes, dans les réservoirs supérieurs ayant servi jusque-là à la préparation de l'eau salée.

Cette saturation de l'eau, par les entailles, devait faire disparaître trois inconvénients notables :

1° Il n'y aurait plus d'abatage à payer pour le sel destiné à la dissolution.

2° La marne et toutes les matières insolubles contenues dans le sel gemme resteraient dans les galeries, au lieu d'être enlevées par la machine d'extraction d'abord, et retirées ensuite des bassins de dissolution par des ouvriers manœuvres.

3° Enfin, le sel gemme aussi reviendrait moins cher, puisque les entailles faites par l'eau douce permettraient de faire une économie considérable dans la main-d'œuvre des mineurs.

Pour préparer l'eau salée au fond de la mine, il fallait d'abord diriger vers les galeries la quantité d'eau douce à employer, puis avoir les moyens de la remonter comme eau salée.

Le problème à résoudre était celui-ci : préparer au fond du puits, et remonter ensuite au jour, dans une année, 96.000 mètres cubes d'eau salée, tant pour la fabrication à l'usine même que pour un établissement de produits chimiques projeté à peu de distance de la saline.

En comptant pour une année 300 jours de travail, il y a à remonter par jour, $\frac{96.000}{300} = 320^{mc}$. ; ce qui fait par seconde, $0^{mc},0037$ d'eau salée.

Le poids d'un mètre cube d'eau salée saturée étant

de 1.200 kil., il faut élever du fond du puits, par seconde, à une hauteur de 174 mètres,

$0,0037 \times 1.200 = 4^{k},440$, d'eau salée ; d'où le travail mécanique $\frac{174 \times 4,44}{75} = \frac{762,56}{75}$, ou 10,16 chevaux-vapeur.

Mais à cause des frottements de la machine et de la résistance de l'eau dans les tuyaux des colonnes, cette force doit être portée à 13,20 chevaux-vapeur.

L'acquisition d'une machine à vapeur de cette force et d'une pompe eût été assez coûteuse. Puis seraient venues les dépenses de combustible et d'entretien.

Il ne pouvait pas être question ici d'exécuter un pareil projet. On s'est donc arrêté à l'idée d'utiliser la force que possède l'eau dirigée au fond du puits, en vertu de sa hauteur de chute de 174 mètres, force qui, appliquée à une pompe, devait remonter l'eau salée à une certaine hauteur.

Pour utiliser la chute de l'eau, il y avait à choisir entre l'emploi d'une turbine et celui d'une machine à colonne d'eau.

La disposition du puits et diverses autres circonstances ont fixé le choix sur une machine à colonne d'eau.

scription a machine onne d'eau sa pompe. Calculs.

Lorsqu'on a vu les machines à colonne d'eau construites aux salines situées entre Rosenheim et Berchtesgaten (Bavière), par M. le directeur général de Reichenbach, ce choix s'explique de lui-même. L'observateur est saisi d'admiration quand il considère ces machines en mouvement et qu'il voit agir d'aussi énormes forces, sans apercevoir nulle part la moindre trace de ces chocs et contre-coups que produisent presque toutes les autres machines.

Qu'étaient les machines à colonne d'eau avant que

M. de Reichenbach les ait transformées? L'ingénieux mécanisme des pistons régulateurs qu'il a appliqué à ces machines atteste, à lui seul, le génie inventif de cet habile ingénieur.

La machine à colonne d'eau de Saint-Nicolas-Varangéville est complétement construite dans le système de Reichenbach; seulement elle est montée horizontalement. Elle est à double effet et a été très-bien exécutée, sur dessins, dans les ateliers de construction de M. Dyckhoff, à Bar-le-Duc.

Jusqu'à présent, on n'a généralement construit que des machines à colonne d'eau verticales; elles étaient surtout employées comme moteurs de pompes, soit pour les puits de mines, soit pour refouler l'eau salée dans des conduites d'une très-grande étendue. Là, en effet, on a pu tirer parti avantageusement du mouvement vertical des machines à colonne; il suffisait de disposer la pompe immédiatement au-dessus ou au-dessous de la machine.

En tous cas, il est difficile de donner à ces sortes de machines une fondation inébranlable, sans être entraîné à des dépenses relativement énormes. Aussi a-t-on renoncé ici au mouvement vertical; on a obtenu à peu de frais toute la solidité désirable, en plaçant le cylindre de la machine à colonne d'eau dans une position horizontale, en face du cylindre horizontal de la pompe. Il a été facile de donner une très-bonne assise à l'ensemble de la machine en l'assujettissant sur deux grosses pièces de bois de chêne, ainsi qu'on le voit par les *fig.* 1 à 4, Pl. IV. On a relié fortement entre elles les deux pièces de bois par quatre larges bandes de fer entaillées dans le bois et solidement boulonnées.

Toute la fondation consiste donc dans ces deux pièces de chêne placées sur quelques poutres en tra-

vers, ces dernières reposant sur un peu de maçonnerie.

L'eau motrice est amenée dans un réservoir placé à l'orifice supérieur du puits. De là, par une conduite en fonte, l'eau est dirigée verticalement au fond du puits, où elle se rend, par le tuyau A (*fig.* 1), dans le cylindre de la machine.

Dans la position actuelle des pistons O et N, l'eau de la colonne de chute peut venir, par le canal P, presser sur le piston B; si ce dernier ne se déplaçait pas, il supporterait une pression égale au poids d'une colonne d'eau qui aurait pour base la surface même du piston B et pour hauteur 174 mètres. Mais si le piston se déplace avec une vitesse déterminée, il faut que celle-ci soit retranchée de la vitesse que posséderait l'eau de chute, si elle tombait librement par l'extrémité inférieure de la colonne : de cette différence on tire la hauteur de chute effective, celle qui représente la force constante qui sollicite le piston B.

La tige C se mouvra donc vers la droite avec le piston B auquel elle est fixée, et poussera en même temps devant elle le piston *v* de la pompe, fixé à l'autre extrémité de la tige *ccc*. Le piston *v* refoulera ainsi l'eau qui se trouve devant lui dans le cylindre et la forcera de s'élever dans le tuyau d'ascension *x*, après avoir passé par le clapet *y*.

La tige *ccc* porte une tringle D qui obéit au mouvement de va-et-vient de la tige principale. A cette tringle D sont fixées les coulisses E et F qui servent à régler la course de la machine.

Pendant le mouvement de la tringle D, la coulisse E rencontre l'extrémité du levier GG, lequel se trouve ainsi entraîné et change la position des petits pistons H et I ; aussitôt l'eau de chute, qui, par l'ouverture K (*fig.* 2) a toujours accès entre les deux petits

pistons, trouvant l'ouverture L libre, vient par là presser sur le piston M, et le porter de droite à gauche en même temps que les pistons N et O, ces trois pistons étant reliés entre eux par une tige commune.

Ce déplacement des pistons M, N, O ferme à l'eau de chute le canal P et lui rend accessible le canal Q par lequel elle vient presser le grand piston de droite à gauche, et le ramène à sa position première pour recommencer le même jeu de la machine.

L'eau, qui avait d'abord poussé le piston B en avant, s'échappe, par suite du déplacement des pistons M, N, O, par le canal P et le tube d'émission R.

Pendant le mouvement de retour du piston B, le levier GG est ramené dans la position représentée (*fig.* 1); les petits pistons H et I reprennent leur position première, et l'eau de chute, qui avait porté les pistons M, N, O de droite à gauche, trouvant l'ouverture S (*fig.* 1) libre, s'échappe par cette ouverture et par le tube T (*fig.* 2). Alors la pression étant presque totalement soustraite sur la droite du piston M, les trois pistons M, N, O, sont ramenés à la position représentée *fig.* 1.

Tous les pistons se retrouvant dans la même situation qu'au commencement de la description, le même jeu de la machine recommence, et ainsi de suite.

**Calculs relatifs à la machine.**

La hauteur de chute de l'eau jusqu'à la machine est de 174 mètres. Mais l'eau, quand elle a produit son effet utile dans la machine, ne s'en échappe pas encore librement; elle est refoulée à l'état de résistance jusque dans un bassin situé à 11 mètres au-dessus de la machine à colonne d'eau (Pl. V, *fig.* 15).

De ce bassin, l'eau douce se distribue dans les galeries pour pratiquer les entailles et se convertir en eau

salée ; puis elle revient dans un bassin placé près de la machine et dans lequel aboutit le tuyau d'aspiration de la pompe.

L'eau amenée au fond du puits doit en être retirée en totalité; or toute pompe aspire moins d'eau que ne l'indique le calcul; on a donc eu le soin de placer la pompe, et par conséquent aussi la machine, un peu plus bas que le bassin, afin de rendre l'aspiration aussi complète que possible. C'est là ce qui justifie cette disposition, grâce à laquelle la machine à colonne doit refouler immédiatement l'eau douce à une hauteur de 11 mètres.

Cette contre-pression de 11 mètres étant retranchée de la hauteur de chute, 174 mètres, il reste pour la hauteur de chute réelle, effective, 163 mètres; c'est la hauteur de 163 mètres qui sera appliquée dans les calculs qui suivent.

Soient :

H = 163 mètres, la hauteur de chute de l'eau ;
D = $0^{m},20$, le diamètre du cylindre de la machine;
L = $0^{m},80$, la longueur de la course du piston;
M = $0^{mc},003888$, la masse d'eau disponible par seconde (en prenant le chiffre rond de $14^{mc}$, au lieu de $13^{mc},33$ qui arrivent par heure) ;
$a$ = 10, le nombre de courses simples par minute;
$q$ = 1.000 kil., le poids d'un mètre cube d'eau ;
$d$ = $0^{m},10$, le diamètre intérieur des tuyaux de chute;
$v$ la vitesse acquise par l'eau de chute au bout de 163 mètres;
$g$ = $9^{m},8$, la vitesse acquise à la fin de la première seconde par un corps tombant librement;

nous aurons :

$$v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 163} = 56^{m},522.$$

La quantité d'eau qui, en vertu de la hauteur de chute, s'écoulera en une seconde, par l'orifice inférieur libre du tube, est

$$0,785 \times d^2 \times \sqrt{2g\text{H}} = 0,785 \times \overline{0,10}^2 \times 56,522 = 0^{mc},44369.$$

Pour une machine à colonne d'eau à double effet, la vitesse de la masse M de l'eau de chute, dans des tuyaux de $0^m,10$ de diamètre, est

$$\frac{\text{M}}{0,785 \times d^2} = \frac{0,003888}{0,785 \times 0,01} = 0^m,495.$$

Mais la hauteur H′ qui correspond à cette vitesse peut être considérée comme représentant l'effort qui s'exerce d'une manière continue sur le piston de la machine. Cette hauteur est

$$\text{H}' = \frac{\left(\sqrt{2g\text{H}} - \overline{\frac{\text{M}}{0,785 \times d^2}}\right)^2}{2g} = \frac{(56,522 - 0,495)^2}{2 \times 9,8} = 160 \text{ mètres.}$$

La longueur de la course du piston est de $0^m,80$.

La masse d'eau M, employée par seconde, $0^{mc},003888$.

Le piston fait, par minute, dix courses simples ou cinq courses doubles; sa vitesse par seconde est donc

$$\frac{10}{60} \times 0,80 = 0^m,133.$$

Ces données servent à déterminer le diamètre D du cylindre de la machine; nous aurons en effet

$$\text{M} = 0,003888 = \text{D}^2 \times 0,785 \times \text{L} \times \frac{a}{60};$$

d'où l'on tire $\text{D} = 0^m,193$, soit un chiffre rond de $0^m,20$.

La force de la machine à colonne est égale à

$$\frac{\text{M} \times \text{H} \times q}{75} = \frac{0.00388 \times 163 \times 1000}{75} = 8,43 \text{ chev.}$$

Or nous avons trouvé plus haut que pour élever la masse d'eau nécessaire, il faut une force de 23,2 chev. Il résulte de là que la machine à colonne d'eau ne pourra élever l'eau salée que d'une partie de la hauteur des puits.

ils relatifs x pistons ulateurs. On sait déjà par l'expérience qu'une force de 50 kil. suffit pour le mouvement des pistons régulateurs, dans les machines à colonne d'eau verticales du système de M. de Reichenbach. Mais il est clair qu'avec des pistons régulateurs qui se meuvent horizontalement, comme cela a lieu pour la machine des mines de Saint-Nicolas, le frottement est plus considérable; aussi a-t-on porté ici à 75 kil. la force destinée à la faire mouvoir. L'expérience a encore démontré que c'était là le minimum de la force nécessaire.

Les pressions éprouvées par les pistons N et O, sous l'action de l'eau de chute, sont égales, car la partie de la surface de N que couvre la tige est exactement compensée par les $0^{m},004$ dont le diamètre de N surpasse celui de O.

Le piston M, qui est en quelque sorte le moteur des deux autres N et O, a une surface calculée de manière que la colonne d'eau exerce sur la droite de ce piston une pression de 150 kil. Mais la face opposée du piston perd exactement la moitié de sa surface, à cause de la tige; de sorte que la pression de la colonne d'eau sur la gauche du piston M n'est que de 75 kil.

Le piston M est pressé de gauche à droite par la colonne d'eau, sans interruption; au contraire, la pression de 150 kil. de droite disparaît, dans une certaine position des pistons, et il est clair qu'alors la pression, toujours appliquée, de 75 kil., produit son effet, et porte les trois pistons O, M et N vers la droite.

Si maintenant la pression de 150 kil. reparaît tout à

coup à droite, il résulte immédiatement une force de $150 - 75^{k} = 75$ kil., qui porte les trois pistons de droite à gauche : de là le mouvement de va-et-vient de l'ensemble de la machine.

Afin de gêner le moins possible l'arrivée de l'eau dans la machine, on a donné au piston O un diamètre égal à celui de la colonne de chute, c'est-à-dire, $0^{m}.10$. Sa surface égale donc $0{,}785 \times \overline{0{,}10}^{2} = 0^{mq}{,}00785$.

Cette surface supporte une pression de $0{,}00785 \times 160 \times 1000 = 1.256$ kil.

La tige des pistons a un diamètre de $0^{m}{,}0247$ ; elle couvre par conséquent sur le piston N une surface circulaire de $0^{mq}{,}0004789$. Le diamètre du piston M a été fixé, d'après le calcul, à $0^{m}{,}035$.

La quantité d'eau douce que fournit par heure la chute de 163 mètres est donc de 14 mètres cubes, pesant chacun 1.000 kil. ; et pendant le même temps, la machine remonte, à 87 mètres de hauteur, $15^{mc}{,}9$ d'eau salée dont chaque mètre pèse 1.200 kil. Nous avons donc pour les quantités de travail mécanique d'une part, $14 \times 1.000 \times 195 = 2.282.000$ kil., d'autre part, $15{,}9 \times 1.200 \times 87 = 1.659.960$ kil.

La proportion suivante donnera donc l'effet utile de la machine à colonne d'eau :

$$2.282.000 : 1.659.960 :: 100 : x ;\ \text{d'où}\ x = 72{,}7\ \text{p. } 100.$$

Mais on va voir plus loin que la machine atteint même un plus grand effet utile.

Il a été dit plus haut que la préparation de l'eau salée se fait dans les galeries ; qu'à cet effet l'eau douce nécessaire est dirigée au fond du puits, et que la chute d'eau qui en résulte a conduit à l'installation d'une machine à colonne d'eau. Pompe, descriptio calculs.

Lorsque l'eau douce a travaillé dans la machine à

colonne, elle vient dans les galeries se convertir en eau salée, après quoi elle est refoulée, d'un jet, à 81 mètres de hauteur par la pompe que fait mouvoir la machine à colonnes.

Il descend en une heure, par la machine à colonne, 14 mètres cubes d'eau douce, ce qui fait par seconde $0^{mc},003888$. Cette eau douce, convertie en eau salée saturée à 25°, prend un volume de $15^{mc},900$, qu'il faut élever par heure, ce qui donne par seconde $0^{mc},004416$.

Le mètre cube d'eau salée saturée pèse 1.200 kil.

Depuis la pompe jusqu'au bassin de la quatrième couche, dans lequel elle déverse l'eau salée, il y a une hauteur de 87 mètres. Il est bien évident que la quantité de $0^{mc},004416$ d'eau salée doit nécessairement être élevée par seconde à cette hauteur : s'il en était autrement, les bassins du fond finiraient par déborder.

D'après ce qui précède, l'effet de la pompe exprimé en chevaux-vapeur est égal à

$$\frac{0,004416 \times 1.200 \times 87}{75} = 6^{ch},14.$$

Mais la machine à colonne d'eau ayant encore une certaine quantité de force disponible, on l'a utilisée pour faire mouvoir une petite pompe destinée à enlever les eaux d'infiltration qui viennent constamment s'amasser dans le puisard, et à déverser cette eau dans les bassins situées à 4 mètres plus haut.

Cette petite pompe emploie une force de $0^{ch},37$, fraction qui. ajoutée au chiffre de $6^{ch},14$ trouvé pour la pompe principale, donne une somme de $6,14 + 0,37$ ou $6^{ch},51$ pour l'effet des deux pompes.

Nous avons trouvé pour la force de la machine à colonne $8^{ch},43$. L'effet utile de la machine se déduit donc de la proportion

$$8,43 : 6,51 :: 100 : x; \text{ d'où } x = 77,20 \text{ p. } 100.$$

Pour que la pompe fût capable d'élever par heure 15$^{mc}$,900 d'eau salée, on a donné au cylindre un diamètre de 0$^{m}$,22.

La longueur de la course du piston est de 0$^{m}$,80 comme pour la machine, et le nombre des courses simples est de 10 par minute.

La construction de la pompe n'offrant rien de particulier, il n'en sera point fait une description très-détaillée.

Les clapets n'ont pas de fermeture conique, comme cela se fait ordinairement; ils tombent, au contraire, sur une plaque circulaire en cuivre, sur laquelle ils s'appliquent d'autant plus hermétiquement qu'ils sont encore garnis, par-dessous, d'une rondelle en cuir qui fait corps avec le clapet.

Ces clapets ont l'avantage de fermer complétement, même lorsqu'un grain de sable ou quelque autre corps solide se trouve sous le clapet; la pression fait pénétrer dans le cuir ces petits corps durs, qui, de la sorte, ne gênent point la bonne marche de la pompe, comme cela a lieu trop souvent avec des clapets entièrement en métal.

Le piston de la pompe est représenté en coupes longitudinale et transversale (Pl. V, *fig.* 5 et 6). Le noyau *a*, ou corps du piston, est en fonte; *b* est une plaque circulaire en fer forgé; *c* et *c* sont des anneaux également en fer forgé, destinés à assujettir à l'aide des boulons *i*, *i*.... les deux cuirs emboutis *d* et *d'*; *f* est une bande de cuir dont les deux extrémités, taillées en coin, se recouvrent pour former un manchon cylindrique autour du corps du piston.

On a soin de couper la bande de cuir légèrement plus large que ne l'est la gorge pratiquée autour du piston pour la recevoir; de sorte que lorsque l'on serre les boulons, le cuir forme une surface un peu convexe

à l'extérieur, et s'applique fortement contre les parois du cylindre.

L'intérieur du piston est d'ailleurs accessible à l'eau, qui peut venir, par plusieurs ouvertures *b* (*fig.* 5, Pl. V), presser la bande de cuir *f* de dedans en dehors, et la forcer à fermer toujours hermétiquement.

L'eau pénètre dans le piston par le double clapet *g*, qui s'ouvre toujours du côté d'où vient la pression. Ce clapet n'a besoin que d'un jeu d'un millimètre entre les deux plaques du piston.

Avec son manchon de cuir et ses deux cuirs emboutis, ce genre de piston ne laisse rien à désirer.

Le piston de la machine à colonne d'eau est semblable à celui de la pompe.

Les *fig.* 7 à 12, Pl. V, représentent les plans et coupes des robinets de conduite de la machine et de la pompe. Le dessin suffit pour donner une idée exacte de la construction de ce genre de robinet ; pour peu qu'on l'étudie, on lui reconnaîtra des avantages notables.

Les *fig.* 13 et 14 représentent un assemblage de tuyaux en fonte. Ces tuyaux sont pourvus de brides ou oreilles qui servent à les assembler à l'aide de boulons. Avant le serrage de ceux-ci, on introduit entre les deux tuyaux qu'il s'agit de réunir, un manchon cylindrique de cuivre rouge présentant vers son milieu une saillie circulaire de quelques centimètres. On garnit les angles, au-dessus et au-dessous de la saillie du manchon, d'un peu de filasse et de mastic qui pendant le serrage des boulons reflue en partie dans le joint des deux tuyaux.

Lorsque le mastic a eu le temps de durcir en se desséchant, il offre toute la résistance désirable. On peut se rendre compte de la forme de ces manchons par la figure qui en représente une coupe.

## COMPTE RENDU

D'EXPÉRIENCES FAITES SUR LE VENTILATEUR DE M. DAVAINE,
Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Par M. SENS, ingénieur des mines.

La compagnie des mines de houille de Béthune a fait placer, il y a six mois, sur la fosse n° 2 à Bully-Grenay, un ventilateur à force centrifuge construit d'après les plans et indications de M. Davaine, ingénieur en chef des ponts et chaussées, par M. L. A. Quillacq, constructeur à Anzin.

Le 2 août 1860, nous avons assisté à des expériences faites sur cet appareil en présence de M. Davaine, de M. Lisbet, ingénieur de la compagnie de Béthune, et de M. Chenard, ingénieur directeur des ateliers de M. Quillacq. Nous en ferons connaître ici les résultats.

Le ventilateur proprement dit (Pl. VI, *fig.* 2) se compose de quatre ailes A en bois ayant la forme de portions de filets de vis du pas de 1 mètre. Ces ailes sont supportées par un noyau en fonte B auquel elles sont fortement boulonnées, et reliées entre elles à leur extrémité par un tambour en tôle C d'un diamètre intérieur de 2$^m$,50 d'une longueur de 0$^m$,40. Aux extrémités de ce tambour, dont les feuilles ont 0$^m$,004 d'épaisseur, sont rivées extérieurement deux cornières D destinées à en augmenter la roideur; tambour et ailes sont d'ailleurs solidement réunis par des cornières en cuivre rouge rivées intérieurement à l'un et boulonnées sur les autres. Le diamètre extérieur du noyau B est de

Descripti[on] de l'appa[reil]

1 mètre. Les filets ou ailes du ventilateur sont inclinés sur l'axe de rotation d'un angle de 45°. Ils n'embrassent chacun qu'un peu plus du quart de la circonférence du noyau et du tambour. Le tambour est relié à l'axe au moyen de six bras ou tringles en fer de $0^m,025$ de diamètre; ces bras agissent par traction par le fait de la force centrifuge.

Le noyau est calé solidement sur un axe en fer forgé E présentant $0^m,120$ de diamètre dans les parties calées et $0^m,110$ dans les tourillons; il est supporté dans sa longueur par trois tourillons de $0^m,110$ de diamètre sur $0^m,220$ de longueur. Une poulie de $0^m,75$ de diamètre, calée à l'extrémité de l'axe, reçoit, par l'intermédiaire d'une courroie, le mouvement de la machine qui peut être horizontale ou verticale, et que le constructeur a faite verticale ici pour économiser l'espace. Le ventilateur fait 6,06 tours par chaque tour de la machine.

Le piston de la machine a $0^m,320$ de diamètre, $0^m,650$ de course. Une plaque de fondation F percée d'un trou pour laisser passer la partie inférieure du cylindre et solidement fixée au massif, reçoit le cylindre qui y est boulonné, ainsi qu'un bâti en forme d'A, d'un large empatement destiné à supporter l'extrémité antérieure de l'arbre moteur. Le cylindre n'est qu'en partie noyé dans le massif, de façon que la boîte de distribution placée à la partie supérieure de cet organe se trouve au-dessus de la plaque de fondation. Cette disposition (1) offre le double avantage de descendre autant

(1) Elle n'est pas nouvelle. On la remorquait, par exemple, dans la machine motrice établie à Amiens, pour le service des ateliers du chemin de fer d'Amiens à Boulogne, avant la fusion de cette ligne avec le chemin du Nord.

(*Note de la Rédaction.*)

que possible l'arbre moteur et de faciliter l'accès de la boîte à vapeur. Le cylindre est muni d'une enveloppe en bois destinée à empêcher la condensation de la vapeur à l'intérieur. La bielle motrice a une longueur de quatre fois et demie la manivelle. L'arbre moteur a un diamètre de $0^m,110$ aux collets sur $0^m,220$ de portée; l'écartement d'axe en axe de ces collets est de $1^m,800$. Le diamètre de l'arbre, dans la partie qui porte le volant, est de $0^m,140$. Le volant formant poulie a 3 mètres de diamètre extérieur et pèse 2.000 kil. La tige du piston est terminée par une tête en fonte armée de joues, se mouvant entre deux guides solidement attachés au bâti. Le tiroir est ordinaire à recouvrements; il est commandé par deux excentriques attaquant une coulisse Stephenson avec concavité tournée vers la boîte à vapeur; une bielle qui commande la tige du tiroir relie la coulisse au tiroir et permet soit de diminuer la durée de l'introduction de la vapeur ou de détendre en ramenant son extrémité vers le centre de la coulisse, soit même de renverser la marche si la machine avait une destination qui rendît cette manœuvre nécessaire. Au tiroir près, cette distribution est identique à celle employée par M. Quillacq dans ses grandes machines d'extraction.

**Marche de l'appareil.**

Si l'on suppose l'appareil en mouvement, l'air arrivant par la galerie G en communication avec le puits d'extraction, est pris sans choc par les ailes du ventilateur et déplacé horizontalement de 1 mètre pour chaque tour. La section laissée libre entre le noyau central et l'enveloppe étant de 4 mètres quarrés, le volume théorique d'air déplacé par chaque tour de l'appareil est évidemment de 4 mètres cubes.— A sa sortie du ventilateur, l'air projeté avec une grande vitesse et une grande régularité s'échappe par une cheminée H

qui, par suite de la disposition des lieux, se trouve fort rapprochée de l'appareil. Il eût été convenable, comme l'a fait observer M. Davaine, de ménager entre le ventilateur et la cheminée un espace plus considérable.

périence. Dans la première expérience, qui n'a pas duré moins de deux heures, on a mesuré la vitesse du courant en six points différents 1. 2. 3. 4. 5. 6. (*fig.* 3) de la section d'une galerie horizontale au moyen de l'anémomètre de Macnaught. On a fait de plus dix-sept observations dans chacune desquelles on a levé un diagramme indiquant le travail théorique de la vapeur sur le piston de la machine motrice et mesuré : 1° la vitesse de la machine, 2° la dépression manométrique de la colonne d'air en mouvement.

La vitesse moyenne du courant a été trouvée de $2^{m},275$ par seconde. La section de la galerie étant de $2^{mq},70$, le volume d'air réellement déplacé par seconde est de $2^{m},275 \times 2^{m},70 = 6^{m3},14$.

La vitesse moyenne de la machine a été de 51 tours $\frac{1}{2}$ par minute; celle du ventilateur a donc été de $51.5 \times 6.06 = 312$ tours par minute, soit $\frac{312}{60} = 5^{t},2$ par seconde : c'est-à-dire que le volume d'air théoriquement déplacé par lè ventilateur est de $4 \times 5,2 = 20^{m3},800$ par seconde.

Le rapport du volume réellement au volume théoriquement déplacé se trouve ainsi de $\frac{6,144}{20,800} = 0^{m},295$.

Le diagramme moyen a donné par le travail théorique de la vapeur sur le piston $14^{ch},09$.

Un autre diagramme, levé à dessein lorsque la machine necommandait pas le ventilateur, a permis de constater que le travail théorique de la vapeur sur le piston pour faire marcher la machine seule était de $3^{ch},53$.

Le travail effectif transmis sur la poulie du ventilateur était donc de $14,09 - 3,53 = 10^{ch},56$, soit les $0^{m},75$ du travail sur le piston.

La dépression moyenne mesurée en colonne d'eau était de $0^{m},034$. Le travail dépensé pour obtenir cette dépression sur une colonne d'air de $2^{m},70$ de section marchant à la vitesse de $2^{m},275481$ est de

$$2,70 \times 34 \times 2,275481 = 208^{km},889 = 2^{ch},785.$$

On conclut de là que le rapport entre le travail utile en air expulsé et le travail transmis à l'appareil par le moteur est de $\frac{2,785}{10,56} = 0^{m},264$.

Dans la deuxième expérience faite immédiatement à la suite de la première, on a mesuré, comme pour celle-ci, la vitesse du courant sur les six points 1. 2. 3. 4. 5. 6. On a fait de plus onze observations distinctes sur la vitesse de la machine et sur la dépression manométrique de la colonne d'air en mouvement, en relevant chaque fois le diagramme du travail transmis au piston. 2e expérience.

La vitesse moyenne du courant a été trouvée de $3^{m},888$ par seconde, de sorte que le volume d'air réellement déplacé par seconde était de

$$3,888 \times 2,70 = 10^{m^3},4978.$$

La vitesse moyenne de la machine a été de 82 tours $\frac{1}{2}$, celle du ventilateur a donc été de $82,5 \times 6,06 = 500$ tours par minute, soit $\frac{500}{60} = 8^{t},33$ par seconde : c'est-à-dire que le volume d'air théoriquement déplacé par le ventilateur est de $4 \times 8,33 = 33^{mc},32$ par seconde.

Le rapport du volume réellement au volume théori-

quement déplacé se trouve ainsi de $\frac{10,497}{33,32} = 0,315$

Le diagramme moyen a donné, pour le travail théorique de la vapeur sur le piston, $46^{ch},65$.

D'où le travail effectif transmis sur la poulie du ventilateur $= 46,65 \times 0,75 = 34^{ch},98$.

La dépression moyenne mesurée en colonne d'eau était de $0^{m},081$. Le travail dépensé pour obtenir cette dépression sur une colonne d'air de 2,70 de section marchant à la vitesse de $3^{m},888$ est de

$$2,70 \times 81 \times 3,888 = 850^{km},284 = 11^{ch},337.$$

De sorte que le rapport entre le travail utile en air expulsé dans cette deuxième expérience et le travail transmis à l'appareil est de $\frac{11,337}{34,98} = 0,324$.

Observations. Dans les calculs qui précèdent, on a déterminé la vitesse du courant par la formule

$$V = 0,276438 + 0,0979779\,N$$

dont M. Lisbet avait préalablement reconnu l'exactitude par des expériences directes.

L'anémomètre à fait en moyenne, par seconde, 20 4 tours dans la première expérience et $36^{t},86$ dans la deuxième.

# NOTE

## SUR LES OBSERVATIONS DE M. COUCHE, RELATIVES AUX MACHINES ENGERTH A HUIT ROUES COUPLÉES.

Par M. CHOBRZINSKI, ingénieur de la traction au chemin de fer du Nord.

Jusqu'en 1854, les machines les plus puissantes dont disposaient les compagnies des chemins de fer avaient environ 130 mètres de surface de chauffe et un poids de 33 à 34 tonnes, agissant comme adhérence.

Le développement considérable des transports de charbon au chemin de fer du Nord, fit rechercher à cette époque des machines plus puissantes pour réduire le nombre des trains et le prix de revient de la traction par unité de poids remorqué.

Dans l'impossibilité pratique d'augmenter au delà de 34 tonnes la charge de trois paires de roues couplées, on dut rechercher un système différent, et l'on commanda à Seraing, pour les lignes Nord-Belges, sur les indications de M. Engerth, quelques machines de son système déjà en circulation à la traversée du Sommering, sur le chemin de Vienne à Trieste.

Une de ces machines avait été envoyée à l'Exposition universelle de 1855.

Ces machines étaient à six paires de roues, dont trois sous le châssis de la machine proprement dite et trois sous celui du tender.

Une partie du poids du foyer reposait sur les longerons de l'avant du tender, et la solidarité de la machine au tender était obtenue au moyen d'une cheville d'articulation.

La dernière paire de roues de la machine transmettait le mouvement à celle de l'avant du tender par des engrenages en acier fondu.

Par ces dispositions, on arrivait à avoir environ 43 tonnes d'adhérence et une surface de chauffe de près de 200 mètres.

La répartition du poids de ces machines était, avec le maximum d'eau et de charbon dans le tender:

Les poids supportés par les roues, dans les diverses conditions spécifiées ci-dessus, n'ont rien d'anormal, et leurs inégalités sont dans les limites ordinaires de celles des roues de toutes les machines puissantes à marchandises.

Le poids de la machine découplée, avec 0m,12 d'eau au-dessus du ciel du foyer et 500 kil. de charbon sur la grille est :

| | | |
|---|---|---|
| Avant. . . . . . . . . . | 6.095 | 40.385 kil. |
| 2 galets. . . . . . . . . | 11.400 | |
| 3 motrices. . . . . . . . | 11.255 | |
| Arrière. . . . . . . . . | 11.635 | |

2° La cinquième paire de roues ne se trouve pas surchargée dans aucune condition de la marche. L'usure et le remplacement fréquent de ses bandages, qu'annonce M. Couche, n'ont jamais été remarqués. La sixième paire de roues, ou la dernière du tender, étant plus chargée, se remplace plus souvent.

Il est à observer que les poids indiqués par M. Couche pour les douze roues des machines de l'Est ont été établis par des pesées faites sur les bascules à six ponts. Ces pesées ne peuvent jamais être exactes, et le poids des 13 tonnes de la cinquième paire de roues est évidemment exagéré, à moins d'un chargement de 6 à 8 tonnes de charbon sur le tender, ce qui serait difficile faute de place.

3° Au lieu de la roideur, du manque de flexibilité reproché, il est facile de constater, au chemin de fer du Nord, que ces machines, d'une excellente allure, sont les plus stables et les plus douces de toutes celles employées au service des marchandises; elles n'ont aucun mouvement de perturbation, et à la vitesse de 35 à 40 kil. à l'heure qu'elles prennent quelquefois sur les pentes, elles conservent une stabilité complète. Elles perdraient la plus grande partie de leur bonne allure actuelle par l'application proposée d'un tender séparé.

L'accroissement de la charge totale sur les quatre paires de roues, accroissement dû à l'addition de 3.500 kil. de lest à l'avant de la machine, à l'allongement des longerons forcément très-épais dans leurs coudes autour du foyer, à l'addition de la traverse d'arrière et de tout le système d'attelage, serait de plus de 5.000 kil., y compris une partie du poids du foyer reportée sur l'avant du châssis du tender, estimée par M. Couche à 1.120 kil. Le poids de la machine, ainsi modifié, serait de 45.000 à 45.800 kil. reposant sur les quatre essieux.

Les modifications proposées ne seraient donc pas de nature à prolonger la durée du service des bandages. Les roues d'arrière se trouveraient encore très-surchargées, et les variations des charges résultant des oscillations dues au grand porte-à-faux du foyer, fatigueraient bien plus la voie que dans le système actuel.

M. Couche propose de diminuer ce porte-à-faux dans les machines puissantes qu'on aurait à construire, en réduisant la largeur du foyer de manière à pouvoir placer l'essieu d'arrière contre la boîte à feu extérieure. Ce rétrécissement du foyer exigerait nécessairement son allongement pour conserver la surface de grille actuelle, qui n'est pas trop considérable pour la vaporisation qu'elle doit produire, et le porte-à-faux serait encore de 2$^m$,50 à 2$^m$,80 depuis l'axe de l'essieu extrême jusqu'en dehors de la traverse d'arrière.

Les roues motrices des machines Engerth du Nord, chargées seulement de 9.240 à 9.900 kil., s'usent généralement les premières, par suite des perturbations inévitables de la transmission du mouvement des pistons ; l'augmentation de leur charge dans la disposition proposée rendrait cette usure encore plus plus prompte et plus dispendieuse.

4° La tendance aux déraillements que M. Couche reproche à ces machines n'a jamais été remarquée au chemin de fer du Nord. Leur stabilité et leur allure régulière empêchent au contraire ce genre d'accident. Les chocs provenant de la rencontre présentent moins de danger au personnel des mécaniciens qui les conduisent qu'à ceux des machines ordinaires à tender séparé. En effet, les chocs énergiques, quand les tenders sont indépendants, les font quelquefois monter sur les machines en exposant les mécaniciens à certains dangers qui n'existent pas avec le système Engerth, par suite de la solidarité de la machine et du tender. Le temps nécessaire pour relever ces machines, après déraillement, n'est, comme pour tout autre type, qu'en raison de leur poids et du nombre de leurs roues.

5° Ces machines sont les plus économiques de toutes celles dont on se sert au chemin de fer du Nord, tant sous le rapport de la consommation de combustible que sous celui des frais de réparation.

Les tableaux suivants permettent de comparer ces dépenses.

*Parcours et consommation des divers types de machines à marchandises du Nord pendant l'année 1859.*

| TYPES de machines. | Charge utile remorquée. | PARCOURS | | CONSOMMATION DE CHARBON | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | total. | par machine. | totale. | par kil | par tonne et par kilom. |
| | ton. | kilom. | | | kil. | |
| 78 petites machines. . . | 200 | 1.757.958 | 22.539 | 16.645.960 | 9,4 | 0,047 |
| 60 Creusot ordinaires. . | 300 | 1.826.627 | 30.445 | 22.989.830 | 12,6 | 0,042 |
| 40 Engerth. . . . . . . . | 450 | 1.011.039 | 25.276 | 15.565.810 | 15,5 | 0,0344 |

Il y a donc environ 27 p. 100 d'économie sur les petites machines et 18 p. 100 sur les machines ordinaires. Les machines Engerth étant spécialement affectées au transport du charbon, remorquent des charges toujours plus complètes que celles des autres machines, employées de préférence au service des marchandises ordinaires.

Les frais de réparation de toutes les machines à marchandises du Nord, depuis leur mise en service jusqu'au 1er juillet 1860, sont :

| TYPES de machines. | PARCOURS | | DÉPENSES | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | total. | par machine. | totales. | par kilom. | par tonne et par kilom. |
| | | | fr. | fr. | fr. |
| 64 petites à cylindres extérieurs. . . . . . . . | 18.092.954 | 282.702 | 4.272.499,49 | 0,236 | 0,0012 |
| 10 petites à cylindres intérieurs. . . . . . . | 2.995.610 | 299.561 | 583.438,02 | 0,194 | 0,0010 |
| 13 Ruddicome. . . . . . . | 782.856 | 195.714 | 166.995,64 | 0,213 | 0,0011 |
| 60 Creuzot à cylindres intérieurs. . . . . . . . | 10.533.345 | 175.555 | 1.904.059.00 | 0,180 | 0,0006 |
| 40 Engerth. . . . . . . . . | 3.290.483 | 82.262 | 739.727,16 | 0,225 | 0,0005 |

(1) On ne tient pas compte ici du retour des trains vers le Nord, qui sont incomplètement chargés pour toutes nos marchandises.

En admettant que les frais de réparation des machines Engerth qui son encore assez neuves augmentent d'ici à quel-

ques années de 50 p. 100, les dépenses par tonne et par kilomètre ne seraient encore que de 0f,00075 au lieu de 0f,0012 que coûtent les petites machines. Les machines moyennes du Creusot coûtent 0f,0006 d'entretien, mais elles n'ont encore fait que 175.555 kil.; la dépense augmentera donc pour ces machines comme pour les machines Engerth, et les frais d'entretien par kilomètre et par tonne seront toujours supérieurs à ceux des machines Engerth.

6° L'effet destructif des rails, produit par l'inégalité de l'usure des huit roues couplées, doit être théoriquement plus considérable que celui occasionné par six roues couplées; pour l'atténuer, on a pris la précaution de ne pas trop surcharger la deuxième paire de roues et de la disposer sans boudins. Cette paire de roues s'use à peu près en même temps que la paire de roues motrices et souvent avant les premières et quatrièmes paires, quoique ces dernières soient plus chargées. L'inégalité de la charge est donc ici justifiée, et la modification proposée par M. Couche, devant donner une répartition égale, conduirait à l'usure bien plus rapide des bandages.

Les renseignements suivants, extraits de la statistique des bandages du Nord, montrent que l'usure des bandages Engerth (1m,25 de diamètre) est dans les limites pratiques des autres machines.

27 dernières garnitures de roues couplées ont fait 1.200.865 kil. de parcours avant leur usure, soit en moyenne 44.476 kil. de service par bandage. Quelques-uns de ces bandages, fournis pour essai, ont été remplacés après le premier ou le second tournage n'ayant fait que 19.740 à 27.287 kil.; d'autres, au contraire, de bonne qualité, ont fait jusqu'à 75.000 kil.

39 garnitures de bandages ont fait avant le premier retournage 902.207 kil., soit en moyenne 23.134 kil. par garniture.

29 garnitures de bandages ont fait entre le premier et le second retournage 472.188 kil., soit 16.282 kil. par garniture.

Plusieurs bandages d'essai n'ont fait que 4.000 à 9.000 kil. entre le premier retournage et la mise au rebut.

11 garnitures ont fait entre le second retournage et la mise au rebut 166.086 kil., soit 15.098 kil. pour chacun.

Ces parcours sont au moins aussi avantageux que tous ceux des bandages employés aux machines puissantes à marchan-

dises de 32 à 34 tonnes, surtout si l'on tient compte de la différence de diamètre des roues de ces divers types.

Les roues du tender n'ayant que 1m,05 de diamètre sont retournées plus souvent.

29 paires de ces roues ont parcouru avant leur mise au rebut 1.149.275 kil., soit en moyenne par paire de roues 39.638 kil.

64 paires de roues ont été retournées après un parcours de 1.071.131 kil., soit 16.736 kil. fait en moyenne par chaque paire avant le premier retournage.

46 paires ont fait 534.699 kil. entre le premier et le deuxième retournage, soit en moyenne 11.624 kil.

28 paires ont fait 319.886 kil. entre le deuxième et le troisième retournage, soit en moyenne 11.424 kil.

8 paires ont fait plus de 50.000 kil. avant leur mise au rebut.

4 paires d'essai de bandages ont fait moins de 20.000 kil. avant leur mise au rebut, et quelques-uns ont été rebutés avant le premier retournage.

Le remplacement des roues de tenders, ainsi que les visites de fusées d'essieux de machines, se font dans tous les grands dépôts, tels que Paris, Tergnier, Amiens et Lille, où il a été déposé des appareils à descendre les roues.

Ces travaux y sont aussi expéditifs qu'au moyen des grues pour le matériel ordinaire, et n'exigent pas le renvoi aux ateliers annoncé par M. Couche (page 148).

La solidarité de la machine au tender n'a aucun inconvénient pour les chemins de fer, où les plaques et les chariots ont été faits pour les manœuvres des machines sans découplement de leurs tenders.

La séparation du tender de la machine, dans le système Engerth, au moment de la rentrée aux ateliers, et son réaccouplement lors de la remise en service, ne demandent que peu de temps et n'ont pas la moindre importance.

Ces machines n'ont pas exigé d'installations coûteuses (page 148), et l'établissement des fosses à descendre les roues a été fait suivant les modèles et les dispositions de celles des autres lignes où il n'y a point de machines Engerth.

Il n'y a aucune raison pour que le grand foyer puisse occasionner les avaries continuelles indiquées à la page 148 des *Annales des mines*. L'addition de quelques entre-toises sous

les tubes où les plaques ne se trouvaient pas à l'origine suffisamment consolidées, a suffi pour rendre ces foyers d'une résistance ordinaire, et rien n'indique jusqu'à présent que les plaques de cuivre aient besoin de remplacements plus fréquents que dans le matériel ordinaire.

M. Couche insiste sur la préférence à donner à l'application de doubles machines, comme aux chemins de Gênes à Alexandrie. Cette application serait bien plus dispendieuse comme conduite et présenterait une double chance de retards des trains. Cette seule considération empêcherait toute personne chargée du service actif d'une ligne à grand trafic et à profil facile d'adopter de doubles machines, qui ne font pas résoudre la question d'unité de travail.

En résumé, les machines Engerth du Nord ont parfaitement rempli les conditions pour lesquelles elles ont été construites; elles sont confiées aux meilleurs mécaniciens et comme récompense de leurs bons services. Elles remorquent des trains toujours complets de 430 à 450 tonnes utiles, et sont susceptibles d'un service soutenu pendant plusieurs mois, comme les machines ordinaires puissantes. Elles patinent comme les autres machines, dans de certaines circonstances climatériques; on y remédie au moyen de bonnes sablières qui fonctionnent régulièrement, et avec l'habileté du personnel qui les conduit on arrive à les faire démarrer sans aucune perturbation résultant du patinement.

---

## MACHINES A HUIT ROUES COUPLÉES.

### LEUR PUISSANCE, LEUR STABILITÉ, LEURS EFFETS SUR LA VOIE.

Par M. E. FLACHAT.

Il a été publié dans les *Annales des mines*, tome XVI, page 141, un mémoire sur la transformation des machines Engerth, à huit roues couplées.

Ce mémoire nous ayant paru contenir des erreurs de fait et de doctrine, nous les avons relevées dans une étude que nous avons publiée sur *la traversée des Alpes par un chemin de fer.* Une polémique s'est engagée (*Annales des mines*, tome XVI, page 580).

Nous expliquerons d'abord l'intérêt de cette discussion et le caractère que nous voudrions lui conserver.

Les ingénieurs sont d'accord de limiter entre dix et douze tonnes le poids à faire porter par les roues couplées des machines locomotives à marchandises.

Dans cette limite, les machines à six roues couplées ne peuvent fournir une puissance motrice suffisante pour l'économie et l'affluence des transports.

On a donc fait des machines à huit roues couplées. La surface de chauffe s'est ainsi élevée de 125 mètres quarrés à 198. Le poids servant à l'adhérence s'est élevé de 33 à 44 tonnes.

Cependant les courbes de la voie, particulièrement celles, très-nombreuses sur toutes les lignes sans exception, des changements de voies, dont le rayon varie entre 300 et 375 mètres, nécessitant une base étroite, en d'autres termes, une faible distance entre les essieux extrêmes, on a dû rassembler les huit roues couplées sous la partie cylindrique de la chaudière et placer le foyer en porte-à-faux.

Mais comme le poids d'un foyer de grandes dimensions suspendu à l'extrémité de la machine et celui des cylindres portés à l'autre extrémité ne peuvent s'équilibrer et que, dans tous les cas, la suspension sur ressorts et les inégalités de la voie,

auraient produit dans la marche un équilibre instable, l'ingénieur Engerth a eu l'heureuse idée d'appuyer l'extrémité de la machine, du côté du foyer, sous le tender. Il a résolu ainsi et très-heureusement l'une des graves difficultés pratiques qui s'opposaient à la construction des machines à grande surface de chauffe.

Quant aux services que peuvent rendre ces machines, il est inutile de dire qu'en France, où les chemins de fer sont destinés à transporter la majeure partie des produits agricoles, et une très-forte part des matières qui alimentent ailleurs la navigation des canaux et des rivières, il importe de faire remorquer aux machines de petite vitesse, les plus grandes masses, autant que cela est compatible avec le matériel de la voie. Outre qu'il en résulte une grande économie, on y gagne aussi de diminuer le nombre des trains, et d'éviter l'encombrement et les obstacles devant les trains rapides dont le nombre augmente tous les jours.

Il est peut-être utile de faire observer que la construction du troisième réseau devant se faire dans des conditions d'économie qui ne permettront sans doute pas de sacrifier aux accidents du sol, autant qu'on l'a fait jusqu'à ce jour, il importe de tirer de la machine locomotive tout l'effort dont elle peut être susceptible pour franchir de fortes inclinaisons.

Les compagnies du Nord, de l'Est et du Midi, ont adopté la machine Engerth à quatre, six et huit roues couplées. Celle de Lyon à la Méditerranée on a récemment adopté un type à huit roues couplées qui fonctionne sur le chemin d'Alais à Nîmes (1).

Nous l'avons dit : l'une des difficultés capitales de la construction des machines à marchandises est de porter un foyer de dimensions suffisantes entre deux essieux accouplés. Les combustibles à flammes, ou collants, comme la houille, exigent de grandes surfaces de grilles et des chambres de combustion élevées. On a bien tenté de placer une roue sous le foyer même, mais cette disposition a des inconvénients.

---

(1) Ces machines, construites dans les ateliers de M. André Kœchlin à Mulhouse, sous la direction de M. Beugnot, méritent, par les dispositions qui les adaptent au parcours des courbes d'un faible rayon, une mention particulière.

Une autre difficulté est dans la somme d'adhérence à tirer de la machine.

Si, en marche, à la vitesse normale, l'adhérence qui est engendrée par le poids porté par les huit roues couplées, est plus que suffisante, elle est loin de l'être au démarrage; et il est bien reconnu que s'il existait un moyen d'accouplement convenable, franchissant l'espace occupé par le foyer, cela rendrait faciles de notables perfectionnements à cette machine tels que l'accroissement de dimension des cylindres et l'élévation de la pression dans la chaudière, conditions essentielles à la bonne utilisation de la vapeur.

Sur ce point important de l'accouplement des roues d'arrière, Engerth a échoué, mais cet échec n'a nullement affaibli les avantages qui résultent de l'appui que la machine trouve sur l'essieu d'avant du tender, ce qui a permis de reporter les quatre essieux sous la partie cylindrique, en les rapprochant pour rendre le passage de la machine, dans les courbes, plus facile. Il est resté une machine de 200 mètres de surface de chauffe et de 40 à 44 tonnes servant à l'adhérence, stable et flexible.

Il est intéressant d'étudier la marche que suivent les efforts des constructeurs pour accroître la puissance des machines. A celles qui sont destinées aux services de grandes vitesses, des ingénieurs anglais, dont l'expérience n'est pas douteuse, élèvent la pression dans la chaudière jusqu'à onze atmosphères, portent à quatorze tonnes le poids sur les roues motrices placées entre des roues de support, augmentent fortement la dimension des cylindres de manière à accroître la puissance de démarrage au départ et à mieux utiliser, en marche, la détente de la vapeur sans rien perdre de l'intensité de l'échappement.

Pour les machines destinées aux services de petite vitesse, les ingénieurs français, belges et allemands, recherchent les grands foyers, les tubes longs et nombreux pour la production rapide, abondante et économique de la vapeur, l'accouplement de toutes les roues du moteur pour obtenir au démarrage le maximum d'adhérence, et les moyens de donner à l'ensemble une flexibilité suffisante pour franchir facilement des courbes de faible rayon sans inconvénient pour l'accouplement.

La compagnie du Nord et celle de Lyon ont fait faire des progrès importants dans cette voie, et à côté de ces progrès on voit surgir des combinaisons fort ingénieuses, dont les au-

teurs MM. Beugnot, Larpent, Gouin et Edmond Roy, semblent s'être donnés le mot pour résoudre par des dispositions diverses les difficultés relatives à l'accouplement des roues et à la flexibilité de la machine, sans diminuer sa stabilité.

La discussion et l'étude ont donc un but dont le grave intérêt est manifeste. Sans cet intérêt, nous n'aurions pas discuté les faits et les vues qui nous semblaient contraires à la marche normale du progrès, et nous nous serions d'autant moins engagé de nouveau dans cette polémique que le caractère qu'elle emprunte au style du savant auquel nous répondons n'y encourage pas.

Toute discussion scientifique cesse d'être utile, elle devient même nuisible quand elle prend un reflet personnel ; à plus forte raison, quand elle en est exclusivement empreinte. Nous nous en abstiendrons avec soin. C'est pour nous-même que nous répudions cette forme.

Attachons-nous aux doctrines qu'on nous oppose :

« La machine Engerth à huit roues couplées, telle qu'elle a été appliquée sur les chemins de fer de l'Est et du Nord, ne soutient pas l'examen (p. 147).

« En admettant que ces colossales machines fassent ressortir, en définitive, une certaine économie sur les frais de traction, quand les conditions du trafic permettent de les faire marcher presque toujours à charge complète, il est constant que l'action de huit roues couplées solidaires, dont les diamètres ne sont jamais tous rigoureusement égaux, et procédant dès lors par glissements continuels, sous des charges très-considérables, est pour la voie une cause incessante de dégradation (1).

« Les ingénieurs du matériel se préoccupent peu de cette considération ; mais sur un chemin bien administré, elle devrait entrer en première ligne. On ne doit regretter qu'à demi la cherté des bandages de qualité supérieure. Les bandages médiocres sont aujourd'hui la seule sauvegarde des rails. C'est

(1) « Des expériences très-intéressantes, faites par M. Deloy au chemin de fer de Lyon sur la consommation des machines sans charge, ont mis en évidence l'influence très-aggravante de l'accouplement sur la résistance au mouvement. Cet excès de résistance provient évidemment, en grande partie, des glissements dus à l'égalité des vitesses angulaires avec des diamètres différents. » (Page 150).

seulement lorsqu'ils s'usent et s'écrasent que le service du matériel reconnaît la nécessité de limiter la charge des roues (1).

« Mais le mal peut être bien grand pour la voie avant d'être sensible pour les bandages ; d'un côté, parce que ceux-ci sont en meilleur fer ; de l'autre, parce que la partie n'est pas égale entre eux et les rails, placés dans des conditions de travail moléculaire bien plus défavorables. Quant au service de la voie, il accepte la position qu'il lui est faite, et cherche à lutter par l'amélioration de la qualité des rails, par l'augmentation de leur poids ; les administrateurs, auxquels on présente un prix de revient de traction satisfaisant, n'en demandent pas davantage et se résignent aux charges de l'entretien de la voie comme à un mal nécessaire (P. 150 et 151). »

L'auteur déclare en conséquence qu'il faut renoncer à ce type, et quant aux machines existantes, les rendre indépendantes du tender en les équilibrant par un lest.

Nous avons conclu de ces observations que l'accouplement de quatre essieux était nuisible, coûteux ; que sans l'emploi de bandages médiocres, le dommage causé à la voie aurait été plus considérable ; qu'enfin un lest placé à l'une des extrémités de la machine permettrait de l'isoler du tender et améliorerait sa stabilité.

Ce sont ces conclusions qui sont expressément formulées dans le mémoire que nous avons discuté : qui sont reproduites dans l'article de polémique, et dont nous espérons démontrer de nouveau l'erreur.

De ce que l'essieu d'avant du tender n'est chargé par la machine, à l'état de repos, que de 1.120 kilog., soit 1/37 du poids de la machine, on conclut que cet appui est inutile, mais on convient qu'en laissant l'arrière de la machine hors d'appui, il faut placer à l'avant un poids de 4.470 kilog. Je pourrais m'arrêter là, car cela suffit à démontrer que l'appui de 1.120 kilog. au repos n'est pas *insignifiant* puisqu'il représente, *en marche*, un poids quatre fois plus fort au point de Stabilit[é] de la mac[hine]

(1) « C'est ainsi qu'une paire de galets a été intercalée après coup entre le premier et le deuxième essieu des machines à six roues couplées, livrées au chemin du Nord par le Creuzot, et au Nord-Belge par l'usine de Seraing. Avant cette modification, imposée par l'écrasement des bandages, les essieux des roues antérieures portaient 14 tonnes. La charge de la paire de galets est de 3 à 4 tonnes. »

vue de la stabilité de la machine. Le mouvement a, en effet, pour résultat de créer des oscillations qui chargent l'essieu du tender, c'est-à-dire qui enlèvent aux essieux moteurs tout l'excédant de charge qui résulte des oscillations. Cet essieu peut d'ailleurs, plus facilement que les autres, supporter un excédant de charge parce qu'il n'est pas moteur, et que ces roues ne sont pas sujettes à glisser. L'idée d'Engerth est donc là supérieure par sa simplicité et sa raison d'être à celle de son correcteur, mais elle l'est bien plus encore par les lois les plus simples de la statique. L'une d'elles indique que l'amplitude des oscillations est d'autant plus grande que la base est plus courte; celle-là est ici complétement méconnue, car dans la machine Engerth, la machine repose sur cinq points formant une base de 6$^{m}$,80, tandis que dans les machines indépendantes elle ne reposerait que sur quatre points donnant une base de 4 mètres. Une autre loi plus élémentaire est également méconnue; c'est que l'intensité des oscillations ne dépend pas seulement de l'éloignement du centre de gravité du poids hors d'appui, mais qu'elle est également fonction de ce poids et que tout accroissement agit contrairement aux conditions de stabilité, c'est-à-dire rend l'équilibre plus instable.

Nous le répétons, le remède proposé est la négation de toutes les règles de la mécanique en fait de construction de machines locomotives, c'est ce que nous avons établi une fois et ce que nous démontrons une seconde fois surabondamment.

Mais ce qui importe le plus dans la question, c'est d'établir que le mal auquel on propose un aussi malheureux remède, est complétement imaginaire, que l'accouplement de huit roues n'a pas les inconvénients qu'on lui impute, et que loin d'y reconcer, loin de renoncer à l'appui sur le tender, les tendances des ingénieurs sont de persister dans cette voie.

Examinons d'abord dans quelle proportion la machine Engerth doit dépasser les machines ordinaires à six roues couplées, en dépense de construction, d'entretien, de consommation et en dégradation de la voie pour être inférieure à ces machines.

Puissance de la machine.

M. le professeur a reconnu très-explicitement, pages 227 et suivantes, d'un rapport inséré aux *Annales des ponts et chaussées* (mars et avril 1858) que dans les machines locomotives, le travail disponible sur les roues motrices est proportionnel à la surface de chauffe. Cette règle est, en effet, celle

qui préside à la composition des trains au chemin de fer de Lyon et des lignes convenablement exploitées.

Les limites dans lesquelles cette règle cesserait d'être pratiquée sont : le cas où un foyer serait disproportionné avec la surface de chauffe, et où l'adhérence ne suffirait pas à transmettre toute la puissance motrice produite par le générateur. Or l'auteur a cru que la nouvelle machine Engerth était dans ce dernier cas, et il s'est exprimé en ces termes à propos de ces machines :

« Le but du constructeur était de concilier une grande longueur de chaudière, et par suite une grande puissance et un grand poids, avec une flexibilité suffisante du véhicule et une limite assez basse de la charge par essieu. Mais quand on applique cette disposition à une machine à petites roues à laquelle on demande, non de la vitesse, mais un grand effort de traction, *l'adhérence manque*; elle est souvent, si ce n'est toujours inférieure au quotient du travail dynamique effectif disponible sur les roues motrices, par la vitesse, c'est-à-dire, à l'effort de traction que le moteur est capable de développer à cette vitesse (p. 141). »

Or l'expérience a démontré l'erreur de cette supposition; nous en avons indiqué les résultats parce qu'ils jettent un grand jour sur la relation de la surface de chauffe et des autres éléments qui concourent à la production de la vapeur, avec le travail dynamique de la machine Engerth.

Ces expériences nous ont paru d'un intérêt si nouveau que nous les avons relatées avec le plus grand soin, pages 264 à 275 de notre publication. Elles établissent qu'à une vitesse de 16 kilomètres, qui est inférieure à la vitesse normale, l'effort de traction que peut maintenir la machine est aussi très-inférieur à son adhérence, prise *au sixième* du poids porté par les roues motrices. C'est donc à tort que l'on a supposé que le contraire avait lieu, et si on en a conclu que l'insuccès de la transmission de la puissance motrice au groupe d'essieux du tender enlevait à cette machine le moyen de produire tout le travail dynamique dont elle est susceptible, on s'est trompé, et cette erreur est d'autant plus intéressante qu'il y a entre l'effort et le travail dynamique des machines locomotives une distinction bien plus grande à faire que dans toute autre machine, parce que, pour celle-ci seulement, la vitesse de marche est un élément d'activité du foyer.

Rien n'est plus caractéristique à cet égard que les résultats d'expériences consignés dans une note de M. de Boulongne, ingénieur des ponts et chaussées, sous-directeur de l'exploitation du chemin de fer de Lyon à la Méditerranée. Une machine, la *Rampe*, construite sur les plans de M. Beugnot dans les ateliers de M. Kœchlin, à huit roues couplées et ayant un point d'appui sur le tender, d'après une disposition analogue à celle d'Engerth, ayant 175 mètres quarrés de surface de chauffe, et 47.300 kil. de poids servant à l'adhérence, a remorqué sur une rampe de $0^m,006$ du chemin de la Grande-Combe, à la vitesse de $1^m,950$ par seconde, un poids de 929 tonnes, machine comprise, et sur une rampe de $0^m,012$, un poids de 438 tonnes, machine comprise, à la vitesse de $3^m,90$ par seconde. Dans le premier cas, l'effort a été de 9.540 kil. et le travail dynamique par seconde de 27.800 kil. Une plus faible charge ayant permis une plus grande vitesse, et celle-ci ayant causé un plus grand nombre d'échappements, la production de vapeur a été plus considérable et le travail dynamique supérieur.

Dans la machine Engerth, comme dans toutes les autres, la surface de chauffe est, aux vitesses normales, inférieure à ses facultés d'adhérence. Elle peut et elle doit pouvoir, il est vrai, faire un effort momentané bien plus considérable que ne le permet l'adhérence au sixième; des démarrages fréquents, des arrêts forcés sur des rampes, peuvent rendre, sous ce rapport, indispensable que la puissance motrice soit transmise aux essieux du tender, mais sur une ligne horizontale ou sensiblement horizontale, cela est moins nécessaire.

Ainsi et en résumé, la machine Engerth à huit roues couplées est, au point de vue de la puissance mécanique, supérieure de beaucoup (dans le rapport de 100 à 160) aux machines à six roues couplées, dont le poids sur roues ne dépasse pas le sien. A ce titre, elle est beaucoup plus économique d'acquisition, d'entretien et d'exploitation. Elle leur est encore très-supérieure en stabilité, par la simple raison que sa base prise depuis l'essieu d'avant jusqu'à celui du tender, est beaucoup plus étendue que dans toutes les autres machines; que le centre de gravité a lui-même une base fixe entre les deux essieux du milieu, tandis que dans la machine à six roues, il oscille sur l'essieu central. Cette supériorité relative dans la stabilité a pour conséquence que l'inégalité de charge qui se produit entre les essieux des machines, comme conséquence des oscil-

lations, est moins forte dans la machine Engerth que dans les machines à six roues couplées, et les causes d'inégalité d'usure des bandages y étant en conséquence moindres, celles du glissement résultant de l'accouplement des roues inégales y seront moindres aussi.

**Poids transmis aux essieux du tender par la machine.**

On avance, il est vrai, comme un fait simple, évident (*non entrevu jusqu'ici !*) que l'essieu du tender recevant l'accroissement de poids qui résulte des oscillations, sera surchargé. A cela nous pourrions nous borner à répondre qu'il en sera bien pis encore lorsque la machine sera rendue indépendante, suivant les conseils de M. le professeur, puisque l'excès de pression résultant des oscillations se reportera sur les essieux moteurs; mais nous ne choisissons pas ce terrain pour notre discussion; il est sans intérêt, parce que nous avons la conviction qu'on persistera, pour ces machines, dans la disposition Engerth. C'est aux qualités de la machine et à ses effets sur la voie, par l'intermédiaire des bandages, que nous nous attachons.

Le poids porté par les deux essieux du tender est de 10.000 kil. pour l'essieu d'avant, de 11.900 kil. pour l'essieu d'arrière. Il est convenable de ne pas dépasser cette charge; mais on entrevoit de suite qu'il est facile de faire porter le tender sur trois essieux au lieu de deux. On sait aussi que dans le cas où la charge sur deux essieux se trouve inégalement répartie, on l'équilibre exactement au moyen de balanciers; cet appareil est aujourd'hui très-usité dans la fabrication des machines. Ce sont là des modifications courantes qu'une surcharge imprévue d'un essieu conduit à réaliser : on ne l'a pas fait cependant, et par une raison bien naturelle; c'est que les bandages de l'essieu dont il s'agit ne témoignent pas d'une altération aussi rapide qu'on veut bien le dire; cela s'explique en effet. D'abord le volume d'eau porté par le tender étant de 8.200 kil., cette charge ne porte complétement sur les essieux que momentanément; à mi-charge, ils sont déjà déchargés chacun de deux tonnes.

Il faut ensuite se garder de croire que lorsque le poids de dix à douze tonnes a été considéré par les ingénieurs comme une limite convenable de la charge que doit porter un essieu sur les rails, cette limite comprît les pressions dues aux oscillations. Cette pression s'élève souvent jusqu'à 3 et même 4 tonnes au delà du poids absolu porté par les roues au repos, et elle

est accusée nettement par le jeu des boîtes à graisse dans leurs coulisses. La flexibilité des ressorts est généralement pour les roues motrices de $0^m,008$ par tonne, et le mouvement des boîtes dépasse quelquefois $0^m,052$ par tonne.

Dans les machines à voyageurs des compagnies de Lyon et d'Orléans, le poids absolu porté par l'essieu moteur dépasse 12 tonnes; il faut y ajouter le surcroît de pression résultant des oscillations de la machine.

Dans ces conditions, ces machines ne sont pas considérées comme destructives de la voie.

Influence de la machine sur la voie.

Les relations du matériel avec la voie nécessitent un examen attentif. Non pas que nous admettions un seul instant l'assertion de M. le professeur, que les ingénieurs du matériel se préoccupent peu d'une disposition qui peut être pour la voie une cause incessante de dégradation : nous cherchons en vain un exemple qui ait pu motiver une accusation aussi générale. Il n'est pas plus exact de dire que les ingénieurs de la voie acceptent la position qui leur est faite et que les administrateurs sont résignés devant des charges extraordinaires d'entretien de la voie, pourvu que le prix de revient de la traction soit satisfaisant. Tout cet ensemble de dispositions spéciales ou hostiles parmi les hommes placés à la tête des services techniques et administratifs des chemins de fer est le rêve d'une critique passionnée.

Ce qui est vrai, c'est que la limite de la charge des essieux entre 10 et 12 tonnes a été posée dans l'intérêt de la conservation des rails et non pas des bandages. Elle l'a même été justement au moment où se généralisait l'usage des bandages en acier.

Les bandages de bonne qualité peuvent supporter des charges plus considérables. On le voit du reste par ce qui se passe dans la construction des machines à voyageurs et des machines mixtes.

Il y a mieux : on n'avait jamais douté que le bon état des bandages ne fut une cause de conservation des rails, mais l'expérience n'était pas faite sur l'influence des bandages d'une grande dureté. Elle a été tout entière en faveur de ceux-ci. Nous pourrions citer deux lignes où il a été fait emploi de rails de même force et sortant de la même usine. Ils ont été parcourus par des machines dont les essieux supportaient le même

poids. Les roues étaient, sur l'une des deux lignes, revêtues de bandages cémentés. Ils étaient sur l'autre ligne de la qualité de Lowmoor ; or sur celle-ci les rails ont été promptement altérés par les bandages, tandis qu'ils se sont conservés dans les conditions ordinaires sous les bandages cémentés, malgré une circulation beaucoup plus considérable.

Pour peu, d'ailleurs, que l'on analyse l'influence des bandages sur les rails, on reconnaît que l'altération de ceux-ci provient de quatre causes bien distinctes. L'une est due à la flexion des rails, qui est d'autant plus grande que les points d'appui sont plus espacés et le poids porté sur les roues motrices plus fort. La flexion des rails produit le dessoudage; les ingénieurs y ont remédié en rapprochant les traverses et en obtenant, par les éclisses, un encastrement qui soutient mieux les extrémités. Sous ce rapport, la construction des voies s'est améliorée dans une proportion plus grande que les poids sur les essieux ne se sont accrus.

La seconde cause d'altération est dans l'écrasement des extrémités des rails ; c'est la plus rapide et la plus dommageable. L'éclissage l'a récemment beaucoup atténuée. L'écrasement des extrémités des rails n'est pas dû seulement à la perte de rigidité résultant du joint et à la flexion que détermine en conséquence la pression de la roue; il est dû surtout à la faiblesse comparative du point extrême; c'est là la première cause d'une déformation qui se propage ensuite par les effets de la flexion. La preuve de cet effet est dans ce qui se passe sur les voies où les rails reposent sur des longrines. Le plus généralement, c'est par les extrémités que commence l'écrasement, et la déformation par la dessoudure s'étend de là au corps du rail.

La troisième cause d'altération des rails est l'écrasement du fer au point de contact des bandages. Il faut bien distinguer ici l'écrasement qui résulte de la pression normale d'un cylindre sur une surface plane, de la déformation qui est produite par la pression entre deux surfaces gauches.

Des effets de l'un, de l'écrasement normal, on peut affirmer qu'il n'y a rien de connu, rien qui impose une limite entre 10 ou 15 tonnes à la charge d'un essieu.

Au contraire, les effets de la déformation ou de l'écrasement produits par la pression de surfaces gauches sont bien connus. On peut en reconnaître l'importance d'après l'état du matériel; si les bandages sont creusés, s'ils offrent une gorge, les roues

sont violemment soumises à un mouvement de lacet; elles attaquent alors le rail sur les bords ou plutôt sur les lèvres du champignon; elles en écrasent et en détachent des parties entières si le rail est en fer mou; elles l'éraillent si le fer est aigre. De là cette conséquence bien naturelle que plus les bandages sont médiocres, plus ils se déforment rapidement et plus ils altèrent les rails.

Nous avons donc combattu l'opinion que les *bandages médiocres sont aujourd'hui la sauvegarde des rails en cas de surcharge des essieux;* M. le professeur croit devoir y persévérer. S'il est dans le vrai, l'erreur qu'il combat est unanime; car tous les ingénieurs sans exception préfèrent pour les rails comme pour les machines les bandages de bonne qualité, c'est-à-dire ceux dont la dureté est la plus grande et la plus égale, à égalité de ténacité.

Nous reviendrons plus loin sur la théorie de l'adhérence qui, dans l'esprit de M. le professeur, peut se lier à la qualité des bandages; il s'agit en ce moment de la voie et des motifs qui ont réduit entre 10 et 12 tonnes la limite de charge des essieux.

La quatrième cause d'altération des rails est dans la rupture causée par les plats des bandages; dans l'usure des coussinets et des rails à leur point de contact et dans l'oxydation. Ces effets sont, de tous, les moins importants; ils ne sont pas entrés en compte dans les raisons qui ont amené les ingénieurs à réduire le poids sur les essieux dans l'intérêt de la conservation des rails.

Ainsi, dans les données de la question, deux causes seulement doivent déterminer l'ingénieur à réduire la charge sur les essieux : l'une est la distance des points d'appui des rails, l'autre la perte de résistance de rigidité de la voie à la jonction des rails. Or, on ne peut méconnaître que de très-grands progrès ne se soient réalisés sous ces deux points de vue, dans la construction de la voie. Beaucoup d'ingénieurs ont même, pour ces causes, donné la préférence à la voie Vignoles, parce que les points d'appui n'y coûtant que le prix de la traverse, c'est-à-dire environ deux fois et demi moins que dans la voie en rails double T, on peut les rapprocher, et parce qu'au point de jonction des rails, la forme des Vignoles semble offrir plus d'assiette, et se prête, à hauteur égale, à un éclissage plus compacte.

A ces progrès vient se joindre l'emploi de bandages d'excel-

lente qualité qui ramènent les effets de roulement à des pressions normales. Ces progrès, nous les opposons à une accusation gratuite d'indifférence, de résignation, et de laisser aller portée devant le public contre les ingénieurs et les administrateurs du chemin de fer par un écrivain de la part duquel il y aurait d'autant plus de réserve à attendre que, par sa situation, il est un des juges du camp.

Il ne faut d'ailleurs pas croire que ce soit systématiquement que les ingénieurs, livrés à la recherche des moyens d'accroître la puissance des machines, aient dépassé le poids de 10 à 12 tonnes par essieu. La plupart du temps, cela a été la conséquence de dispositions alors nouvelles obtenues depuis avec une répartition plus favorable. C'est ainsi que le cahier des charges des machines mixtes du Midi limitait la charge des essieux à 12 tonnes. Le constructeur a dépassé ce poids. Il en est à peu près de même des résultats analogues qui ont, sur d'autres lignes, amené une charge de plus de 13 tonnes sur les essieux.

Sans donner trop de développements à une question dans laquelle, il faut bien le dire, le soin de l'ingénieur doit être de se garder des extrêmes plutôt que de prononcer et d'agir d'une manière absolue, il est bon cependant d'en rechercher les limites, car le but est de tirer de la nature toutes les forces qu'elle nous offre, et c'est cette lutte avec elle qui est la voie du progrès.

Les conséquences de l'usage des rails par des pressions agissant d'une manière normale, quelque peu connues qu'elles soient, peuvent avoir pour effet d'exiger la refaçon des rails après un temps plus ou moins long. Cette refaçon coûte en Angleterre, transports compris, 50 francs la tonne; en Belgique, 65 fr.; en France, 90 fr.; le démontage et le remplacement des rails estimés ensemble 2 francs par mètre de voie simple, et le poids des rails à 37 kil. par mètre linéaire de rail; cela donnera par kilomètre de double voie 17.500 francs.

La circulation sur les quatre lignes du Nord, d'Orléans, de Lyon et de l'Est que nous choisissons, parce qu'elles sont presque entièrement établies en double voie, a été, en 1859, de 6.425.000.000 tonnes de poids, y compris les véhicules et non compris les machines, soit 1.180 000 tonnes par kilomètre de voie.

Soit donc la dépense d'enlèvement, refaçon et repose des

rails, estimée à 17.500 francs par kilomètre, nécessaire au bout de cinq ans, de sept ans et demi ou de dix ans, le transport de la tonne de poids brut sera grevé de la fraction de centime suivante :

| | |
|---|---|
| Pour cinq ans de service des rails. . . . . . . . . . . | 0c,2962 |
| Pour sept et demi. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0c,1978 |
| Pour dix ans. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0c,1481 |

Or la dépense de transport, qui n'atteint pas aujourd'hui, par kilomètre, sur les quatre lignes susnommées 1f,50 par tonne de poids brut, tend à se réduire dans de très-grandes proportions par l'emploi des machines puissantes et les efforts incessants des compagnies à égaliser les transports dans les deux directions. On ne peut pas douter que la réduction progressive ne dépasse, en bien peu d'années, le chiffre de dépense que nous avons attribué plus haut à la faible durée des rails. Que sera-ce lorsque le prix de refaçon des rails descendra au chiffre où il est en Belgique; ce qui est admissible, vu les circonstances qui, dans notre pays, ont élevé le prix de cette refaçon.

Sous l'influence d'un concours de circonstances fâcheuses, à savoir : de bandages en fer doux, d'un poids dépassant 14 tonnes par essieu, d'un bombement exagéré des rails et surtout de la mauvaise qualité de ceux-ci, soit comme fer, soit comme fabrication, il y a eu des exemples d'altération rapide des rails, et cependant, dans ce cas même, leur durée moyenne a excédé cinq années. L'emploi de bandages durs eût doublé probablement cette période.

**)octrine adhérence; 's rampes nsidérées ne une cause croissement la réaction ngentielle es rails les roues.**

Le terrain de la discussion ainsi bien établi, il nous reste à traiter des doctrines d'adhérence qui ont été émises et qui sont peut-être le motif *de la préférence accordée par M. le professeur à l'emploi de bandages de qualité médiocre* et aux objections qu'il en déduit contre l'accouplement de huit roues motrices.

Voici dans quels termes cette opinion est établie (pages 216 et 217, *Annales des ponts et chaussées*, tome XV, 1858) :

« *Usure des bandages.* — Le seul élément de cette nature, qu'on puisse regarder dès à présent comme bien connu, est l'entretien et le renouvellement des bandages. Leur usure est très-rapide; le parcours total n'a jamais dépassé 15 000 kil., soit pour les bandages de Low-Moor, soit pour ceux de Seraing. Quelques-uns ont dû être coupés et remplacés au bout de

2.000 kilomètres; leur qualité était évidemment défectueuse; mais on ne peut pas compter sur un parcours moyen de plus de 12.000 kilomètres pour les bandages qui sont, en somme, généralement bons (1).

» Ce n'est donc pas dans l'infériorité de leur qualité qu'il faut chercher la cause de la destruction si rapide des bandages sur la section de Busalla à Ponte-Decimo.

» *L'inclinaison, nuisible aux bandages à la remonte, leur est favorable à la descente.* — La grandeur de l'inclinaison des rampes est certainement pour une bonne part dans ce fait. Si l'on transportait les machines sur une ligne à profil plus modéré, pour ainsi dire, l'effort de traction imposé au moteur, ou, en d'autres termes, *la réaction tangentielle des rails sur les bandages* atteindrait très-rarement la limite qui est constamment atteinte sur la rampe de Busalla. Cette influence nuisible de la remonte est néanmoins compensée en partie par l'influence de la descente qui, elle, est toute à l'avantage des bandages. Non-seulement ils n'ont plus d'effort de traction à transmettre, mais encore les roues n'ont qu'une faible charge à supporter, la plus grande partie du poids de la machine reposant alors sur les sabots du frein, qui agit directement sur les rails. »

Quelque soit l'étrangeté des doctrines qui sont exposées dans ces lignes, il faut bien les combattre, puisqu'elles peuvent être enseignées.

L'assertion que des bandages, dont quelques-uns ne parcourent pas 2.000 kilomètres et dont la durée moyenne ne permet un parcours moyen que de 12.000 kilomètres, sont généralement bons, et que ce n'est pas dans l'infériorité de leur qualité qu'il faut chercher la cause de leur rapide destruction

(1) « Plusieurs ingénieurs pensent que les forges de Low-Moor vivent sur leur ancienne réputation, et que la qualité stationnaire (si ce n'est même rétrograde) de leurs produits est tout au moins égalée aujourd'hui par de nombreux établissements français et étrangers. Diverses usines font en effet des bandages qui valent, qui surpassent même ceux de Low-Moor; mais cette égalité ou cette supériorité s'applique à quelques échantillons et non à l'ensemble de leur production. Ce qui a fondé la spécialité des forges de Low-Moor en matière de bangages, c'est la constance de la qualité de leurs produits : propriété précieuse, due bien moins du reste au mérite de la fabrication qu'aux conditions naturelles dans lesquelles ces usines sont placées, c'est à-dire à la pureté du minerai et du combustible. La fabrication de Seraing est plus inégale; mais si elle donne parfois des produits médiocres, elle en donne plus souvent d'excellents. »

doit être d'abord rectifiée. De ce que des bandages sont fabriqués avec soin et en fer de bonne qualité, il n'én résulte pas que ces bandages soient bons si le fer en est mou. Or c'est là le défaut inhérent au fer de Low-Moor, celui qui l'a fait rejeter par les ingénieurs pour l'emploi des roues motrices et surtout des roues accouplées et de faible diamètre portant plus de 5 tonnes.

Ces bandages sont, justement, de qualité médiocre pour cet emploi, et ils sont généralement remplacés par des bandages cémentés ou en fer aciéreux. C'est donc dans l'infériorité de leur qualité qu'il faut chercher la cause de leur rapide destruction.

Mais prétendre que l'inclinaison des rampes est pour une bonne part dans cette destruction rapide, parce que l'effort de traction imposé au moteur y atteint une limite qu'il n'atteindrait pas sur des profils plus modérés; prétendre que la réaction tangentielle des rails sur les bandages est accrue par l'inclinaison, c'est le double renversement de toutes les notions acquises sur les lois qui, jusqu'à ce jour, expliquent le phénomène de l'adhérence.

La loi mécanique la mieux établie des effets de l'adhérence, c'est qu'ils sont proportionnels au poids porté par les roues.

La loi physique la moins établie des effets de l'adhérence, c'est qu'ils soient proportionnels au défaut de dureté des bandages.

Enfin la loi la plus incontestable, c'est que le poids d'un corps produit des pressions ou, si l'on veut, des réactions tangentielles d'autant moindres qu'il repose sur un plan plus incliné.

C'est ainsi qu'une roue exerce sur un plan plus horizontal des effets qui iront se réduisant à mesure que le plan s'inclinera. La réduction est bien faible pour des inclinaisons de 0m,035 par mètre, mais enfin elle existe.

Il est fâcheux que des doctrines si aventurées n'aient pas été relevées en temps utile; elles auraient empêché contre l'accouplement de quatre essieux, et l'appui des machines sur le tender *une campagne* aussi malheureuse que celle que M. le professeur a entreprise contre les contre-poids destinés à équilibrer le mouvement des machines, immense perfectionnement

dû à la persévérance habile et désintéressée de l'un de ses confrères, *et que l'étranger s'est empressé d'imiter* (1).

Certes, nous nous garderons bien de décourager d'écrire dans ces questions des hommes, des savants parmi lesquels il en est qui peuvent gratifier leur pays d'améliorations qui motiveraient ailleurs à leur auteur une fortune considérable autant que légitime. Nous croyons même que c'est une bonne fortune pour l'art, que ces ingénieurs trouvent le temps d'écrire même quand la bienveillance est exclue de leur forme de discussion; mais ce que dont nous sommes plus certain encore, c'est que la bienveillance met en garde contre l'esprit de système, et que dans les questions que nous avons discutées, cet esprit a conduit à l'erreur.

---

(1) On nous critique à ce propos d'avoir cité la machine l'*Antée* comme un des exemples les plus heureux de l'application des contre-poids. Nous demandons humblement pardon pour cette faute et nous tâcherons de nous justifier. Nous attachons un intérêt d'amour-propre au succès de la machine l'*Antée*, que nous avons construite en vue de résoudre le problème de l'exploitation de la rampe de $0^{m},035$ de Saint-Germain, pendant que les travaux du système atmosphérique s'accomplissaient. Ce succès, nous l'attribuons à la dimension considérable que nous avons donnée aux cylindres, dimension qui depuis n'a été atteinte, proportionnellement à la surface de chauffe, dans aucune machine. Mais cette disposition, qui a permis l'emploi de l'adhérence jusqu'au quart du poids moteur dans la belle saison où cette machine fonctionnait presque exclusivement, était compromise par la position extrême des cylindres, l'exiguïté du diamètre des roues et l'instabilité résultant de l'application de la force motrice. Les contre-poids ont corrigé ce défaut, et ils ont ainsi facilité l'accouplement dans l'emploi des grandes puissances. Je n'ai pas prétendu que cela suffisait pour justifier la séparation des machines Engerth de leur tender, parce que dans celle-ci le porte-à-faux à l'arrière est de $1^{m},50$, tandis que dans celle d'Engerth il est de $2^{m},30$, et que dans cette question d'oscillation il s'agit moins d'une distance que de la masse mise en porte-à-faux. Sous ce rapport, les chiffres que l'on m'a opposés (page 582) ne s'appliquent pas à la question.

# NOTE

SUR

## LE SERVICE DES MACHINES ENGERTH MODIFIÉES, ET DES MÊMES MACHINES DÉCOUPLÉES, SUR LE CHEMIN DE FER DE L'EST.

Par M. VUILLEMIN, ingénieur principal du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est.

Le chemin du Nord faisant usage d'un combustible de très-bonne qualité, et ses machines ne faisant des parcours que de 90 kil., il n'a pas besoin de charger d'aussi grandes quantités de charbon que le chemin de l'Est qui emploie un combustible assez médiocre et qui doit suffire pour des parcours de 125 et 150 kil. La charge des tenders de l'Est, qui va jusqu'à 6 tonnes de charbon, use donc les bandages plus que celle de 2 tonnes du Nord.

Il est hors de doute qu'au chemin de l'Est les machines Engerth sont plus dures sur la voie que les autres machines. Les mécaniciens sont unanimes sur ce point. Il est également *reconnu par tous* que la machine découplée qui circule depuis un an est *plus douce et plus stable sur la voie* que les autres machines.

L'usure plus rapide des bandages du tender des machines accouplées est aussi un fait incontestable ; leur parcours moyen qui n'est que de 29.300 kil. en est la preuve.

Il est arrivé, dans des changements de voie, lorsqu'il y a dépression des rails, que les grandes traverses qui relient les longerons du tender au pivot de la machine sont venues toucher sous la chaudière ; l'articulation n'étant alors plus libre, il y a eu déraillement.

Le poids considérable de la machine et du tender réunis est, dans ce cas, un obstable à la remise sur la voie par le mécanicien et le chauffeur seulement.

Le parcours moyen des bandages des roues accouplées des Engerth de l'Est a été jusqu'alors de 61.400 kil. à la mise au rebut.

La machine découplée a parcouru en une année 37.800 kil. La moyenne des machines accouplées a été pendant le même temps de 34.700 kil., soit 9 p. 100 en faveur de la première; elle a donc fait un bon service. Elle a eu dans le cours de cette année deux bandages écrasés, mais c'était chaque fois aux roues d'*avant;* il semble donc qu'il n'y a pas lieu de craindre la surcharge des roues d'arrière, et que le lest de 3.500 kil. suffit.

Les *fig.* 1, 2, 3, Pl. VI, représentent les dispositions adoptées pour le découplement définitif et l'application du lest à l'avant (1).

Une deuxième machine, découplée suivant ces dispositions, est en service depuis le 24 octobre 1860, et donne *toute satisfaction.* Elle est très-stable sur la voie et ne prend aucun mouvement de lacet, même à la plus grande vitesse à laquelle marche ce système de machines.

---

(1) Le prix de cette transformation n'est que de 4.000 fr. environ, au lieu de 6.000, montant d'une première évaluation.

# OBSERVATIONS

## SUR LES MACHINES ENGERTH MODIFIÉES, ETC., ETC.

Par M. COUCHE.

L'article inséré aux *Annales des mines*, tome XVI, page 141, avait pour objet :

1° D'apprécier la valeur de la modification apportée, en France, aux machines du système Engerth;

2° De comparer les machines à huit roues couplées et à tender solidaire, ainsi obtenues, aux machines à huit roues couplées, pures et simples, à tender séparé, *projetées en vue de cette séparation*;

3° *Subsidiairement*, de faire connaître les dispositions appliquées sur le chemin de fer de l'Est pour ramener, autant que possible et à peu de frais, la machine Engerth modifiée aux conditions de la machine indépendante, projetée comme telle.

Il ne s'agissait donc pas de faire le procès ni à la machine Engerth ni à la machine à huit roues couplées. « Ce que je cri- « tique, disait la note citée (page 149), ce *n'est pas le principe* « *de la machine Engerth*, c'est la *modification malencontreuse* « qu'on lui a fait subir. » Quant aux machines à huit roues couplées en général, j'avais d'autant moins à insister sur leur critique, que toute la question était de comparer deux types, *l'un et l'autre à huit roues couplées.*

La question soulevée par la note des *Annales* était là, et là seulement. Elle est singulièrement méconnue dans les deux notes auxquelles je vais répondre en même temps, mais que je suis bien loin, est-il nécessaire de le dire, de placer sur la même ligne.

Quelle est la conséquence capitale, le trait caractéristique de la modification apportée aux machines Engerth? C'est l'*énorme porte-à-faux* des longerons du tender qui reçoivent les supports de la boîte à feu.

Dans la machine Engerth pure, *non perfectionnée*, les points d'appui de la boîte à feu sont placés entre deux essieux du ten-

der. La pression qu'ils transmettent peut être considérable, varier dans des limites assez larges, sans que les charges des roues du tender, entre lesquelles cette pression se répartit, éprouvent de grandes variations.

Avec la disposition des machines de l'Est et du Nord, qu'arrive-t-il ? C'est que toute pression sur les platines résultant, soit du règlement des ressorts dans la machine en repos, soit des oscillations et des inégalités du profil de la voie pendant la marche, entraîne sur l'essieu antérieur du tender un *surcroît* de pression *plus que double.*

« ... Pour chaque kilogramme appliqué par la boîte à feu sur les
» platines des longerons, c'est-à-dire à $2^m,05$ de l'axe de l'es-
» sieu antérieur du tender, celui-ci reçoit *un surcroît* de charge
» de $2^k,2$, tandis que l'essieu d'arrière, placé à $1^m,70$ du pre-
» mier, est soulagé de $1^k,2$. Si par suite des oscillations de la
» chaudière, le surcroît de pression sur les platines atteint, en
» marche, 2 tonnes seulement, la *surcharge* du premier essieu
» s'élève à $4^{to},4$ (1). »

Telle est la conséquence capitale d'une modification apportée à un type produit surtout en vue d'une répartition uniforme, sensiblement constante, et auquel on croyait, tout en l'altérant, conserver ce caractère !

A cela, que répond M. Chobrzinski ?

Pas un mot.

On le conçoit. Il est impossible, en effet, de sortir de ce dilemme : ou les longerons du tender ne portent presque rien, ou ils portent quelque chose.

Dans le premier cas, à quoi bon la solidarité ? Dans l'intérêt de la stabilité ? J'ai déjà examiné ce point, j'y reviendrai plus bas.

Dans le second cas, ce contingent, même faible, sur les longerons, entraîne pour le premier essieu du tender des *surcroîts* de charge énormes, contrairement à ce qui se passe dans la machine Engerth non altérée.

Envisage-t-on la machine au repos ? On a vu que, en partant des chiffres qui ne sont pas et ne peuvent pas être contestés (ils sont empruntés au constructeur et au chemin du Nord), les longerons du tender ne portent qu'une fraction *tout à fait insignifiante* du poids de la machine, fraction qu'il est facile de

(1) *Annales des mines*, tome XVI, page 584.

répartir sur ses essieux, non-seulement sans les surcharger, mais même en abaissant le maximum.

Envisage-t-on la machine en mouvement? Je viens de rappeler les conséquences, qu'on cherche en vain à se dissimuler, de l'énorme porte-à-faux des longerons du tender.

M. Engerth avait évité cette faute, qui est la négation du principe même de son système. Malheureusement sa machine n'avait pas assez d'adhérence pour une machine à petite vitesse. La modification introduite pare à l'insuffisance de l'adhérence, mais en faussant complétement le principe, puisque l'application de l'arrière de la machine sur le tender, au lieu d'être une garantie contre les exagérations de charge par essieu, les engendre inévitablement.

D'après la réglementation du chemin de fer du Nord, le tender, comme on l'a vu, ne porte que $\frac{1}{37}$ du poids de la machine proprement dite. Est-ce là la condition caractéristique de la machine Engerth, c'est-à-dire la participation sérieuse, permanente du tender comme point d'appui de la machine? On nie, au Nord, les mauvais effets de la liaison avec le tender à longerons en porte-à-faux. Cela s'explique jusqu'à un certain point; la liaison existe, mais non ce qui l'a motivée dans l'Engerth proprement dite! On est à très-peu près dans les conditions d'une machine à huit roues couplées indépendante du tender.

Les ingénieurs étaient loin de supposer que le tender portât si peu; rien n'empêcherait en effet de lui faire porter davantage; il est probable que cela s'est présenté souvent, et qu'une sorte d'instinct aura fait prévaloir comme règle pratique, l'état de choses le moins défectueux, en somme, la machine étant donnée: celui dans lequel le tender ne porte presque rien!

On a alors une machine qui n'appartient plus que de nom et en apparence au système Engerth.

L'auteur de la dissertation intitulée : *Machines à huit roues couplées*, etc., a cru devoir, à l'occasion de l'examen du type spécial du Nord et de l'Est, venir rompre une lance pour les machines Engerth et pour les machines à huit roues couplées.

Loin de contester à qui que ce soit le droit d'intervenir dans une discussion, j'aurais trouvé très-bon que cet ingénieur prît part au débat. Mais dans son article, il s'agit de tout, excepté de la question.

Du moins, il faut lui rendre cette justice : il décline fran-

chement le débat, c'est-à-dire l'examen des effets du *porte-à-faux des longerons*, qui est, encore une fois, le trait caractéristique des machines modifiées.

« *Mais nous ne choisissons pas ce terrain pour notre discus-*
» *sion.* » Dit-il (page 449).

A la bonne heure. Cela est commode, et prudent.

« Il est *sans intérêt,* » ajoute-t-il, « parce que *nous avons*
» *la conviction* qu'on persistera pour ces machines dans la *dis-*
» *position Engerth!* »

Respectons les convictions, mais prenons-les, comme arguments, pour ce qu'elles valent. Et puis, l'auteur est *convaincu* qu'on persistera pour les machines dont il s'agit dans la *disposition Engerth!* Est-ce que c'est de la *disposition Engerth* qu'il s'agit? Est-ce que les machines du Nord et de l'Est appartiennent à la *disposition Engerth!* Quelle confusion!

Après s'être présenté comme le champion de ces machines, et avoir ensuite décliné formellement la discussion sur le seul point en question, la valeur de la modification apportée à la *disposition Engerth,* il entre cependant pour un moment dans le débat. « De ce que l'essieu d'avant du tender n'est chargé, par
» la machine, que de $\frac{1}{37}$ de son poids, on conclut que cet appui
» est inutile ; mais on convient qu'en laissant l'arrière de la
» machine hors d'appui, il faut placer à l'avant un lest de
» 4,470 kil. Je pourrais m'arrêter là! »

Singulier argument! Est-ce que $\frac{1}{37}$ n'est pas $\frac{1}{37}$? Est-ce là, oui ou non, une fraction tout à fait insignifiante ? Faut-il, en vue de ce $\frac{1}{37}$ supporté par le tender, accepter la solidarité avec toutes ses conséquences, avec les éléments de perturbation qu'elle introduit dans la répartition et cela, encore une fois, par suite du porte-à-faux? Si cela n'est pas fondé, si les inconvénients sont hors de proportion avec l'avantage, supposé appréciable, de ce soulagement de $\frac{1}{37}$, tout est dit. Le type modifié est mauvais, il doit être abandonné pour la machine pure et simple à huit roues couplées, *qui*, *elle*, *n'a nullement besoin de lest.* (Il pèse, d'ailleurs, seulement 3.500 kil. et non 4.470 ; ce dernier chiffre n'est, comme je l'ai dit, qu'une limite, et rien ne force à aller jusque-là.)

Ce lest, faut-il donc le répéter, n'est qu'un expédient de circonstance, applicable seulement aux machines déjà construites, ayant leurs essieux placés en vue de la liaison avec le tender, et *nullement aux machines à construire.* Les machines découplées et lestées se seraient mal comportées, que cela n'aurait

absolument rien changé au principe. On en eût été quitte alors, tout en renonçant à l'avenir aux machines Engerth modifiées, pour garder telles qu'elles sont celles qui existent.

Mais on a lu les observations si précises, si catégoriques, de M. Vuillemin !

Il y a dans cette discussion un point qui n'a certainement pas échappé au lecteur.

Les deux notes auxquelles je réponds renferment beaucoup d'affirmations et de dénégations ; dans l'une et dans l'autre, il n'est question que des moyens *proposés* pour remédier aux défauts signalés. Dans l'une, on affirme que « les machines per» draient, par l'application des moyens *proposés*, la plus grande » partie de leur bonne allure (page 434), » et plus loin, que « les roues d'arrière se trouveraient encore surchargées, et » que les variations de charge résultant des oscillations dues » au grand porte-à-faux du foyer, fatigueraient bien plus la » voie que dans le système actuel » (page 435).

D'après la seconde note, le remède *proposé* « est la négation » de toutes les règles de la mécanique en fait de construction de » machines locomotives » « Le mal auquel on propose un *aussi* » *malheureux remède* est complétement imaginaire... Loin de » *renoncer à l'appui sur le tender*, la tendance des ingénieurs » est au contraire de persister dans cette voie (page 446). »

Je ne m'arrête pas à cette singulière logique d'après laquelle, en faisant porter au tender $\frac{1}{37}$ du poids de la machine, « on » persévère dans la *voie de l'appui sur le tender*. » Ce qu'il importe de faire ressortir, c'est que, pour les deux critiques, il s'agit uniquement d'un moyen *proposé*. L'un affirme que ce moyen irait contre le but ; l'autre, plus éloquent, ne voit dans ce moyen *proposé* qu'un « remède des plus malheureux, que la » négation de toutes les règles, etc. »

Mais l'expérience de l'Est ?... L'expérience de l'Est, on la traite comme le porte-à-faux des longerons. On n'en dit pas un mot, elle n'existe pas !

Comment ! tout un service d'ingénieurs, chargé du matériel et de la traction du plus grand réseau exploité qui soit, à l'heure qu'il est, en France, étudie une question ! Il l'étudie à fond, sans parti pris, et même avec le désir tout naturel de trouver justifiée la solution à laquelle il s'était d'abord arrêté ! Il reconnaît qu'il y a lieu d'interroger l'expérience. Il le fait

longuement, patiemment; l'expérience prononce!—Et de tout cela, pas un mot! l'expérience est là; il n'y a qu'à ouvrir les yeux, on détourne la tête. — Encore une fois, le silence est commode. Mais alors, pourquoi ne pas le garder complétement? Est-ce là discuter? Est-ce ainsi qu'on cherche la vérité?

Ce « remède si malheureux, cette négation de toutes les rè» gles en fait de construction de machines locomotives, » il s'est trouvé, je le repète, tout un service d'ingénieurs, assez, comment dirais-je? assez mal inspiré pour l'appliquer, assez aveugle pour le trouver bon! Et cependant ce service ne passait pas précisément, jusqu'ici, pour manquer d'intelligence, de sens pratique! Mais le voilà atteint et convaincu de ne rien entendre à *toutes les règles de la mécanique en fait de construction de machines locomotives*. Cet arrêt, qui le prononce? le défenseur officieux des administrateurs et *des ingénieurs!* (p. 450).

L'ingénieur du Nord dit que les machines de ce chemin sont très-stables. M. Vuillemin déclare que les machines de l'Est ne le sont pas. Je n'entends nullement contester la première assertion. Elle n'est pas, d'ailleurs, contradictoire avec la seconde. Sans trop généraliser des observations isolées, il paraît que la réglementation de l'Est fait porter plus aux longerons du tender que celle du Nord: $\frac{1}{28}$ au lieu de $\frac{1}{37}$; c'est-à-dire qu'au Nord on se rapprocherait encore plus qu'à l'Est des conditions de la machine à huit roues couplées pure et simple. L'état de la voie, plus solidement constituée, mieux ballastée, mieux entretenue au Nord, peut contribuer à expliquer la stabilité des machines sur ce chemin. Mais plus la voie est bonne, moins on doit craindre d'adopter franchement la machine indépendante, parce que l'influence du porte-à-faux de la boîte à feu sur la stabilité (influence hors de cause d'ailleurs aux faibles vitesses) est d'autant moins à redouter.

Mais quand l'ingénieur du Nord affirme que « les machines » perdraient leur bonne allure par l'application du moyen *pro» posé,* » à cette assertion gratuite j'oppose les résultats *constatés* pendant plus d'un an sur l'Est du moyen *appliqué;* ces résultats, contre lesquels s'est organisée une petite conspiration du silence! « La machine découplée, dit M. Vuillemin, est » *reconnue par tout* le monde *plus douce et plus stable* sur la » voie que *les autres machines!* »

« La machine à douze roues, » disais-je (t. XVI, p. 148) « est » particulièrement sujette aux déraillements. » M. Chobrzinski

déclare que cette tendance n'a pas été remarquée sur le Nord. Soit; mais elle a été constatée sur l'Est, et M. Vuillemin en explique les causes (page 459).

J'ajoutais (tome XVI, p. 148) que cette machine, en cas de déraillement, encombre les voies pendant très-longtemps. M. Chobrzinski déclare que le temps nécessaire pour les relever n'est *qu'en raison de leur poids, et du nombre de leurs roues.* C'est bien quelque chose ; et M. Chobrzinski serait tout à fait dans le vrai s'il tenait compte de la liaison et s'il ajoutait: « et en raison de la difficulté de séparer les deux trains » (tome XVI, page 148).

Veut-on un exemple? En voici un tout récent: le 20 octobre dernier, une machine Engerth modifiée déraillait *des quatre roues de devant seulement*, à Avricourt (ligne de Paris à Strasbourg) sur le cœur d'un changement de voie, par suite de la rupture d'une patte de lièvre. « Le rail, » dit le rapport de M. l'ingénieur des ponts et chaussées Varroy, attaché au contrôle, « ne » présentait aucun défaut à la cassure. Il est présumable que » cet accident est dû, comme d'autres du même genre, à la » difficulté d'inscrire ces grandes machines dans les courbes » des changements de voie. »

Quoi qu'il en soit, la voie principale est restée encombrée de 9 heures 40 minutes du matin, à 5 heures 20 minutes du soir.

D'après M. Chobrzinski, la liaison de la machine et du tender protégerait les mécaniciens en cas de choc. « Les tenders in» dépendants, » dit-il (page 435) « montent quelquefois sur les » machines ; ce danger n'existe pas quand le tender est soli» daire avec la machine. »

Il est difficile de rien hasarder de général sur les effets d'une collision. Mais ce qu'il y a de sûr, c'est que le fait allégué en faveur de la liaison s'expliquerait, tout à fait indépendamment de la liaison. Il serait la conséquence de l'énormité de la masse de la machine proprement dite.

Il y a quelques années, un train, remorqué par une machine Engerth modifiée, rencontrait en marche un train de marchandises arrêté sur la voie. La machine pénétrait dans ce train, broyait tout sur son passage et parcourait ainsi 200 mètres dans le train, comme un projectile pénétrant dans un corps relativement mou. C'est uniquement parce que la masse de la machine empêchait la vitesse de varier brusquement que le tender restait en place. Après avoir produit de tels dégâts,

la machine rentrait à Paris (68 kil.), et elle en était quitte pour une avarie à sa traverse d'avant.

Quant à l'économie (point étranger d'ailleurs au débat, puisqu'il s'agit de comparer deux types identiques comme appareil moteur), M. Chobrzinski se charge d'expliquer lui-même celle qui ressort de ses chiffres, dont j'admets d'ailleurs parfaitement l'exactitude : « Les machines Engerth, « dit-il (page 436), » étant spécialement affectées au transport des charbons, *remorquent des charges toujours plus complètes* que celles des autres machines. » Il est tout simple que la consommation rapportée à la charge remorquée soit plus faible sur les machines qui marchent « à *charge toujours plus complète.* »

Le même ingénieur ajoute (page 439), pour surcroît de preuves, que « les machines Engerth sont *confiées aux meilleurs* » *mécaniciens !* » N'en voilà-t-il pas plus qu'il n'en faut !

Si bon marché qu'on fasse des inconvénients de la solidarité et de son influence sur les variations de la répartition dans la machine Engerth *modifiée*, encore faut-il, apparemment, que cette solidarité serve à quelque chose.

A quoi sert-elle ?

Il y a une considération qu'on pouvait, *à priori*, invoquer en sa faveur : celle de la stabilité. Il était peu probable qu'elle pût être compromise par le découplement, surtout quand on se rappelait la machine l'*Antée* si stable *à 45 kilom.* malgré son foyer en porte-à-faux, (Tome XVI, page 572), mais enfin cela était possible. C'est précisément sur ce point que l'expérience devait prononcer.

Elle l'a fait !

En somme, pour justifier la disposition critiquée, il eût fallu établir ces deux points :

1° Nécessité de compléter l'adhérence dans la machine Engerth pure par l'accouplement d'un 4e essieu ;

2° Nécessité de faire disparaître le porte-à-faux, en vue de la stabilité.

Et encore alors, eût-il été logique de prendre, comme l'a fait M. Beugniot, le point d'appui à l'aplomb du premier essieu du tender, et non à $2^m,05$ de cet essieu !

Mais que répond l'expérience ? que la machine découplée est parfaitement stable, plus stable qu'avant le découplement (ce qui s'explique par l'action de ces énormes brancards qui oscillent et fouettent en même temps).

En vérité, que veut-on de plus?

Au surplus, le Nord conserverait ses machines telles qu'elles sont; il en commanderait même de nouvelles de ce type, que je n'y trouverais assurément rien à redire. L'observation était utile; il me suffit de l'avoir faite et justifiée, sauf à chacun à en faire l'usage qui lui convient. Entre l'Est, qui approuve la mesure, l'essaye, la trouve bonne et l'applique, et l'ingénieur du Nord qui la condamne *à priori*, sans tenir compte des faits acquis, qui à tort? qui à raison? Je laisse au lecteur le soin de prononcer. Tous deux auraient-ils raison? je ne demande pas mieux, si cela est possible!

D'après M. Chobrzinski (page 439), « j'*insiste* sur la préférence à donner à l'application des doubles machines, comme au chemin de Gênes à Alexandrie. » — Dans les deux notes auxquelles répond cet ingénieur, il n'est question qu'une seule fois des machines conjuguées, et cela en ces termes : « ... Si, au contraire (*comme dans les machines de Giovi, par exemple*), les huit roues couplées forment deux groupes indépendants, etc... » Si c'est là « *insister* sur la préférence à donner à ces machines, » comment faire pour ne pas insister?

Je suis loin, d'ailleurs, de renier l'opinion favorable que j'ai exprimée dans d'autres circonstances sur le moteur dont il s'agit. M. Chobrzinski le condamne par des affirmations : ce ne sont pas là des preuves. La question n'est ni si simple, ni si facile à trancher. — Au surplus, je n'ai nullement l'intention de la discuter ici. Encore celle-là de plus, ce serait vraiment trop.

M. Chobrzinski reconnaît que « l'effet destructif des rails doit être *théoriquement* plus considérable » avec huit roues couplées qu'avec six. Je n'insisterai pas non plus sur ce point étranger au débat qui, encore une fois, porte uniquement sur la comparaison de deux types, à huit roues couplées. Il suffirait de comparer les parcours totaux des bandages dans les machines à quatre, à six et à huit roues couplées, pour reconnaître s'il s'agit d'une influence « *théorique*. » — Je me bornerai à citer ce que dit sur ce point un ingénieur anglais très-spécial, dans un ouvrage tout récent (1). « ... L'inégalité des charges sur les trois paires de roues et l'usure inégale des bandages entraînent l'inégalité des diamètres; dès lors, la vitesse angu-

(1) *Recent practice in the locomotive engine*, par D. K. Clarke. In-4. — Londres, 1860. — Page 16.

» laire uniforme imposée à toutes les roues par l'accouplement » soumet les pièces à des efforts très-considérables, augmente » les frottements, et réduit la puissance de la machine. »

S'il en est ainsi avec six roues couplées, que sera-ce avec huit? — Quant à cette assertion que « la modification *proposée* » par M. Couche devant donner une répartition égale, condui- » rait à l'usure bien plus rapide des bandages, » la répartition uniforme est, à tort ou à raison, le but qu'on se propose habituellement. On cherche à donner au centre de gravité général la position, relativement aux essieux, pour laquelle cette condition est remplie à peu près. Rien n'empêche de se proposer une autre répartition, si on la croit meilleure; — et d'ailleurs, la condition même étant remplie, l'égalité étant *possible*, on peut s'en écarter plus ou moins entre certaines limites, que le calcul le plus simple donne immédiatement. Si l'on veut soulager un peu les roues motrices, il suffit de régler leurs ressorts en conséquence.

Dans un mémoire publié il y a quelque temps (1) et qu'il rappelle aujourd'hui, l'auteur de la seconde note avait combattu l'article du tome XVI des *Annales*. C'état assurément son droit. Trouvant, ce qui était aussi mon droit, ses arguments médiocres et totalement étrangers à la question, j'y avais répondu (p. 570 du même volume). Il revient à la charge, et il ne tarde pas à se lancer, cette fois, dans une série de disgressions à perte de vue. Je n'ai ni le temps, ni l'envie de l'y suivre; je m'attacherai seulement aux points qui peuvent présenter quelque intérêt en eux-mêmes, et aussi à ceux qui font ressortir la valeur de sa polémique vagabonde; quoique, à vrai dire, le mieux fût peut-être de m'en rapporter au jugement du lecteur.

1° L'auteur croit trouver un argument en faveur des machines Engerth modifiées, dans l'exemple de M. Beugniot qui, comme M. Engerth, appuie l'arrière de la machine sur l'avant du tender. Il y a bien, encore une fois, cette petite différence que dans l'appareil de M. Beugniot, les points d'appui (purement accessoires

---

(1) Je n'ai pas, Dieu m'en garde! l'intention de discuter cette production; je me bornerai à dire qu'elle a pour objet l'exposition d'un système de matériel *spécial*, machines et wagons, qui serait affecté *exclusivement* aux passages des montagnes, et exigerait par suite un double transbordement! L'auteur applique, à tous les véhicules, des cylindres auxquels il envoie la vapeur de la chaudière. Il fait, pour tous les wagons, ce que M Verpilleux faisait, il y a une quinzaine d'années, pour le tender seulement. C'est, en un mot, comme principe, le système Verpilleux poussé jusqu'à... l'exagération.

d'ailleurs) de la machine sont exactement à l'aplomb de l'essieu du tender; tandis que dans les autres, où ces points d'appui jouent ou sont censés jouer un rôle essentiel, ils sont à $2^m,05$ de cet essieu! Est-ce qu'on regarde de si près! et puis, l'auteur « *ne choisit pas ce terrain de sa discussion!* » C'est convenu. Mais, même sans discuter, présenter à l'appui d'un système, un système tout différent et différent du premier précisément en ce que ses défauts ont été évités, c'est encore un genre de logique tout particulier (1).

Ajoutons que M. Beugniot n'établit entre les deux trains qu'une liaison très-simple, analogue à l'attelage ordinaire, d'une manœuvre facile et prompte, et que la solidarité verticale établie seulement par deux vis buttantes, peut être supprimée instantanément; de sorte qu'on a affaire en réalité à une machine à huit roues couplées, à tender indépendant!

2° L'auteur m'avait attribué, dans son mémoire, une préférence plus que bizarre, à coup sûr, pour les mauvais bandages. J'ai répondu (tome XVI, page 571) qu'il ne m'avait nullement compris, et j'ai répété comme assez clair ce que j'avais dit: que la qualité médiocre des bandages a eu du moins un bon côté, puisqu'elle a prouvé aux ingénieurs du matériel la nécessité de limiter la charge par essieu, *et de ménager ainsi les voies*, grand bienfait qu'elles étaient menacées d'attendre longtemps encore! Il persiste, et cette fois il me fait dire formellement le contraire de ce que j'ai dit: d'après lui, j'aurais prétendu que « *les bandages médiocres sont la sauvegarde des rails* EN » CAS *de surcharge des essieux* (page 452). » Or, j'ai dit que les bandages médiocres ont contribué à *empêcher la surcharge!...* Bien plus, il a découvert à ma charge ce qu'il appelle des « *doc-*

---

(1) Le zèle avec lequel l'auteur prend fait et cause pour la machine Engerth modifiée semblerait indiquer, qu'outre le désir très-légitime d'occuper ses loisirs, il se considère comme personnellement atteint par la critique de ce type. Peut-être est-ce à lui en effet qu'est due cette appréciation, formulée dans une œuvre collective qui porte son nom; « cette disposition est une *modifi-* » *cation très-heureuse*, qui *complète le système Engerth*, en l'appropriant » tout à fait aux besoins de l'exploitation et aux conditions de construction » des chemins de fer français. » On retrouve d'ailleurs, dans le même passage des traces non équivoques de la netteté d'idées dont l'auteur fait preuve au sujet des relations qui existent, dans le type de locomotive dont il s'agit, entre la machine et le tender. « Il (le constructeur) a fait de la partie anté- » rieure des longerons du tender deux brancards *qui viennent reposer sur* » *le châssis de la machine*, comme les brancards d'une charrette, *reposant* » *sur un tréteau.* »

Ainsi, ce n'est pas la machine qui s'appuie sur les longerons du tender, c'est le tender qui s'appuie sur le châssis de la machine!

*trines d'adhérence* (voir plus bas), « qui sont peut-être le motif de la préférence, » que j'accorde, décidément, « aux bandages médiocres. » C'est une idée fixe, à quoi bon insister? passons. On en verra bien d'autres.

3° J'ai fait remarquer (1), au sujet des bandages des machines de Giovi, que leur destruction rapide s'explique par les conditions mêmes du service du ces machines. La paire de roues porte 13$^t$,5 au repos. En marche, elles remorquent sur la rampe de 0,035 jusqu'à 96 tonnes, soit 150 tonnes brutes, y compris leur poids; de sorte que l'adhérence des huit roues, chargées de 13$^t$,5, transmet un effort de traction de plus de 6.000 kil. Le patinage, dans le souterrain de 3.300 mètres, en rampe de 0,029, est assez fréquent. L'auteur trouve que des bandages qui durent peu dans de semblables conditions (qu'il serait du reste très-facile d'améliorer en portant le nombre des roues de chaque machine de quatre à six) sont nécessairement mauvais. Soit; mettons qu'ils sont mauvais. C'est une affaire de goût. Mais à quoi tout cela tend-il? que les bandages des machines de Giovi sont bons ou mauvais, qu'est-ce que l'auteur en conclut?

4° « Dans les machines destinées au service des grandes vi-» tesses, des express, » dit-il (page 443), « des ingénieurs anglais, » dont l'expérience n'est pas douteuse... portent à 14 tonnes le » poids sur les roues motrices... » Est-ce à dire que les ingénieurs anglais ne craignent pas de surcharger les voies? — Pour les machines à grande vitesse, dans lesquelles le poids adhérent nécessaire doit être concentré sur une seule paire de roues, il faut bien en passer par là ; les ingénieurs anglais s'y résignent comme les autres. Mais lorsque ce poids est réparti sur plusieurs paires de roues, on s'attache en Angleterre, plus scrupuleusement que partout ailleurs, malgré le bas prix des rails, à limiter la charge par essieu. On se défie de ces machines colossales qui ont reçu, en Angleterre, le nom caractéristique, rappelé par M. Haswell (2), de *rail-crushing machines*.

Ces ingénieurs, « dont l'expérience n'est pas douteuse, » ils n'ont pas de machines Engerth à huit roues couplées, quoique le transport des matières encombrantes, et notamment des charbons, ne soit pas chez eux tout à fait sans importance!...

(1) Rapport au ministre sur l'exploitation de la rampe de Ponte-Decimo à Busalla. (Chemin de fer de Turin à Gênes). *Annales des ponts et chaussées*, tome XV, 1858.

(2) Description de la machine *Wien-Raab*. Vienne, 1855.

5° L'auteur énonce, comme un axiome (page 441), que « le » poids d'un foyer de grande dimension suspendu à l'extré- » mité de la machine et celui des cylindres portés à l'autre ex- » trémité, ne peuvent s'*équilibrer*. » Qu'on invoque les inconvénients du foyer à forte-à-faux, même dans les limites de saillie et de vitesse pour lesquelles l'expérience prouve qu'il en est entièrement exempt, encore passe; mais poser comme une impossibilité « l'équilibre, » c'est-à-dire probablement l'uniformité de la répartition sur les essieux, c'est au moins étrange. Je me bornerai à renvoyer l'auteur à la machine de M. Haswell (*la Wien-Raab*), machine à huit roues couplées et à foyer à porte-à-faux, bien connue des ingénieurs français; voici sa répartition :

| | | |
|---|---|---|
| 1er essieu . . . . . . | 8.769k | 34.521k |
| 2e essieu . . . . . . | 8.436 | |
| 3e essieu . . . . . . | 8.436 | |
| 4e essieu . . . . . . | 8.880 | |

6° « Les bandages de l'essieu dont il s'agit » (du tender), dit (page 449) l'ancien ingénieur de Saint-Germain, « ne té- » moignent pas d'une altération aussi rapide qu'on veut bien » le dire... » A cette assertion, non moins légère que les autres, il suffit d'opposer la note de M. Vuillemin et ces deux chiffres qu'elle établit :

| | | |
|---|---|---|
| Parcours moyen jusqu'au rebut. | Des bandages des roues couplées. | 61.400 kil. |
| | Des bandages des roues du tender. | 29.300 ! |

Est-ce clair?

Objectera-t-on l'action du frein sur les roues du tender? — D'après M. Nozo, ingénieur au chemin du Nord (1), le parcours total des bandages du tender, dans les machines ordinaires, est inférieur de 22 p. 100 à celui des roues motrices. — Or, ici, la différence est de plus de 52 p. 100!

7° Quant à l'allégation de « critique passionnée » (page 450), » d'accusation portée devant le public, contre les ingénieurs et » les administrateurs de chemins de fer, » comme je suis en relations de service continuelles avec des administrateurs et des ingénieurs de chemins de fer, comme les observations que j'ai présentées n'ont pas jeté le moindre nuage dans ces relations, il m'eût été difficile, on en conviendra, d'accueillir autrement que par un sourire toutes ces *impersonnalités*. (On se rappelle que l'auteur s'est « abstenu avec soin de toute per-

(1) *Mémoire sur les roues montées. — Mémoires de la Société des ingénieurs civils*, 1849.

sonnalité; il l'a déclaré en commençant, page 444). En tous cas, comme il n'est, que je sache, ni administrateur ni ingénieur d'un chemin de fer, ces « critiques passionnées » ne l'atteignent pas. Il est vrai que l'intention de sa plaidoirie n'en est que plus méritoire, puisqu'elle est désintéressée !

8° Mais tout cela n'est rien ; et par une gradation habilement ménagée, l'auteur réserve pour la fin le morceau le plus remarquable assurément.

Citons d'abord le passage qui le lui a inspiré.

Voici le corps du délit ; j'ai dit dans le rapport déjà cité :

« Il semble au premier abord que le service des rampes, » quelle que soit leur inclinaison, n'a par lui-même rien qui » doive hâter la destruction des machines. Quand une locomo- » tive fonctionne dans des conditions déterminées de pression, » de vaporisation et de vitesse, quand elle accomplit, en un mot, » le même travail mécanique à la même vitesse, peu importe que » ce soit sur niveau ou sur une rampe, que la résistance » totale soit due uniquement aux frottements d'un grand nom- » bre de wagons, ou en partie à la gravité, avec un moindre » nombre de véhicules ; mais cette hypothèse de l'indépendance » du travail mécanique imposé à la machine et de l'inclinaison » du profil est purement gratuite. Elle est possible, mais elle » n'est pas vraie en pratique. A la remonte sur des rampes » de $0^m,030$, les machines *fonctionnent toujours à la limite ex-* » *trême de leur puissance, parce qu'on s'attache nécessaire-* » *ment à pousser le moins loin possible le fractionnement des* » *trains.* »

» ... En résumé, les machines sont *surmenées à la re-* » *monte...* »

« Si l'on transportait ces machines sur une ligne à profil » plus modéré, pour ainsi dire, l'effort de traction imposé au » moteur, ou, en d'autres termes, la réaction tangentielle des » rails sur les bandages atteindrait *très-rarement* la limite qui » est constamment atteinte sur la rampe Busalla. Cette influence » nuisible de la remonte est néanmoins compensée en partie » par l'influence de la descente qui, elle, est toute à l'avantage » des bandages. Non-seulement ils n'ont plus d'effort de trac- » tion à transmettre, mais même les roues n'ont qu'une faible » charge à supporter (au lieu des $13^t,5$ par essieu) la plus » grande partie du poids de la machine reposant alors sur les

» sabots du frein, qui agit directement sur les rails (1). »

On croira peut-être qu'il n'y a là qu'un simple énoncé de faits, et de faits incontestables.

Pas du tout; l'auteur y trouve des doctrines!

Certes, je n'avais pas cette prétention; et si j'ai, dans ce passage, émis des doctrines, j'étais loin de m'en douter, et mon étonnement égalerait celui de M. Jourdain quand il apprit qu'il faisait de la prose.

Enfin, va pour des doctrines.

Il est vrai malheureusement que ce sont « des doctrines » étranges, qu'il faut combattre, parce qu'elles peuvent être » enseignées. Il est fâcheux que ces doctrines si aventurées, » n'aient pas été relevées en temps utile! »

Enfin, mieux vaut tard que jamais.

Qui se serait douté qu'il y eût tant d'énormités dans ce passage, si innocent en apparence?

« Prétendre, » s'écrie l'auteur, « que l'inclinaison des rampes » est pour une bonne part dans cette destruction rapide (des » bandages), parce que l'effort de traction imposé au moteur » y atteint une limite qu'il atteindrait très-rarement sur des » profils plus modérés; prétendre que la réaction *tangentielle* » des rails sur les bandages est accrue par l'inclinaison, c'est » le double renversement de toutes les notions acquises sur » les lois qui, jusqu'à ce jour, expliquaient le phénomène de » l'adhérence! »

Puis il ajoute magistralement:

« La loi physique la mieux établie des effets de l'adhérence, » c'est qu'ils sont proportionnels au poids porté par les roues.»

« La loi physique la moins établie des effets de l'adhérence, » c'est qu'ils soient proportionnels au défaut de dureté des » bandages. »

« Enfin, la loi la plus incontestable, c'est que le POIDS d'un » corps produit des PRESSIONS OU, SI L'ON VEUT, DES RÉ» ACTIONS TANGENTIELLES d'autant moindres qu'il repose » sur un plan plus incliné.

» C'est ainsi qu'une roue exerce sur un plan horizontal des » effets qui vont se réduisant à mesure que le plan s'inclinera. » La réduction est bien faible pour des inclinaisons de $0^m,035$, » mais enfin elle existe, etc., etc. »

Tâchons de comprendre.

---

(1) Rapport au ministre, etc., pages 10 et 11.

Le « *poids* produisant des réactions *tangentielles!* » cela ne cadre-t-il pas merveilleusement avec cette autre phrase (page 452, dernière ligne) : « A ces progrès, vient se joindre » l'emploi de bandages d'excellente qualité, *qui ramènent les* » *effets de roulement à des pressions normales!* » Ce qui veut dire, sans doute (si cela veut dire quelque chose), qu'avec de bons bandages, il n'y a plus d'action tangentielle, — *plus d'adhérence!*

Il y a cependant dans tout cela une vérité : la composante normale du poids d'un corps, placé sur un plan incliné, est, en effet, moindre que ce poids!

Mais à quel propos cette vérité?

Pourquoi celle-là plutôt que d'autres? Pourquoi pas tout aussi bien le carré de l'hypoténuse, qui est, lui aussi, une vérité incontestable?

Pourquoi? Ne serait-ce pas tout simplement parce que l'auteur confond la *réaction tangentielle* avec le *poids*, la réaction *tangentielle* aux roues avec la réaction *normale* aux roues, l'adhérence utilisée, ou l'effort de traction, avec le poids!

Y a-t-il une autre explication? Cherchons.

Si l'auteur avait dit simplement que, sur une rampe, la composante normale du poids est inférieure d'une quantité infinitésimale, mais enfin inférieure à ce poids; que, par suite, la limite de l'adhérence, proportionnelle à cette composante, est inférieure, aussi d'une quantité infinitésimale, à ce qu'elle est sur niveau, il aurait dit une de ces vérités qu'on peut se dispenser de rappeler, mais après tout, une vérité. — Mais quand il ajoute : « *Prétendre que l'effort de traction imposé au mo-* » *teur atteint, en rampe, une limite qu'il atteindrait très-* » *rarement sur niveau,* c'est le renversement, etc., etc. »

Cela signifie-t-il par hasard, *qu'en fait,* on demande à une machine *un effort de traction moins considérable en rampe que sur niveau?...*

Oh alors, ce serait bien autre chose!

C'est pour le coup qu'il y aurait là « *une doctrine* » et une doctrine aussi nouvelle que curieuse assurément! Seulement, je ne conseillerais pas à l'auteur de demander aux mécaniciens ce qu'ils pensent de sa découverte!

Entre ces deux interprétations, les seules possibles, je ne doute pas que lui-même, toute réflexion faite, ne préfère encore la première!

Je ne veux pas insister. Tout cela ne peut inspirer qu'un sen-

timent: le regret de voir des critiques aussi étonnantes (le mot n'est pas forcé, on l'avouera) émises par un ingénieur qui a eu une certaine notoriété parmi les vétérans de nos chemins de fer.

Reconnaissons cependant que dans son étrange erreur il est bien modéré. Il ne traite pas assez sévèrement les « doctrines » qu'il a imaginées !

Mais croire qu'on a découvert de grosses absurdités; qu'elles ont pu être imprimées dans le recueil officiel du corps des ponts et chaussées; qu'elles peuvent être enseignées dans une grande école, aux premiers élèves de l'École polytechnique; se figurer sérieusement qu'on remplit une sorte de mission en réfutant ces énormités imaginaires; regretter de ne pas l'avoir fait plus tôt; ne pas songer un instant à se demander si, au lieu de tout cela, ce ne serait pas qu'on est soi-même le jouet de quelque étrange aberration, n'est-ce pas vraiment bien fort !

Est-il, maintenant, bien nécessaire de continuer? Au fait, puisque j'ai commencé, allons jusqu'au bout.

Tout en se félicitant d'avoir relevé ces « doctrines si aventurées », l'auteur regrette d'avoir tant tardé (il regrettera probablement de n'avoir pas tardé encore plus!)... « En les rele-
» vant en temps utile, elles auraient empêché, contre l'accou-
» plement des essieux et l'appui des machines sur le tender,
» une campagne *aussi malheureuse que celle que M. le profes-*
» *seur a entreprise contre les contre-poids*, etc., etc. »

J'en ai assez dit sur la première de ces « malheureuses campagnes ». En tous cas, cette campagne, je l'ai faite en assez bonne compagnie, et pour citer des noms, entre des hommes comme MM. Sauvage, Vuillemin, Goussard, Tenbrinck, Dietz, etc., qui ont comparé, examiné, longuement expérimenté, et l'auteur qui n'a fait ni l'un ni l'autre, mais qui a fait, il est vrai, sur ces « *doctrines d'adhérence* » une campagne *si heureuse*, que le lecteur prononce !

9° Voici maintenant autre chose.

Il ne s'agit plus de machines à 8 roues couplées, ni de machines Engerth, ni des fameuses « doctrines d'adhérence », ni de bandages bons ou mauvais, ni de réserve, ni de bienveillance, etc. Il s'agit des contre-poids.

Parlons donc des contre-poids.

Dire que j'ai fait « une campagne malheureuse contre les
» contre-poids destinés à équilibrer le mouvement des ma-
» chines, » la plaisanterie pouvait être bonne lorsque l'auteur

l'imagina il y a 6 ou 7 ans. La répéter aujourd'hui, et cela dans es *Annales des mines*, dont les lecteurs savent parfaitement à quoi s'en tenir, c'est peut-être la prolonger beaucoup, et avec peu de chance de succès. Finissons-en une bonne fois avec elle.

J'ai fait « une campagne » *pour* les contre-poids; *pour* les contre-poids modérés, qui rendent les machines stables en ménageant à la fois les bandages et la voie, *contre* les contre-poids exagérés qui rendent les machines instables au point de les faire dérailler, écrasent les bandages, et détruisent les rails!

J'ai fait « une campagne » *pour* l'équilibre *intermédiaire* contre l'équilibre *horizontal*, qualifié bien à tort d'équilibre *complet*, puisque avec les contre-poids tournants, il n'est obtenu qu'aux dépens de l'équilibre *vertical*.

La campagne a été malheureuse, dit-on, et aussi malheureuse que celle que j'ai entreprise contre les Engerth modifiées. En effet, elles ont été malheureuses exactement au même degré. On va en juger.

Confessons d'abord un tort : je me suis permis, une première fois en 1850 (1), puis, avec récidive, en 1853 (2) de traiter une question, interdite à ce qu'il paraît, et de la traiter d'une certaine manière, ce qui m'a valu un rappel assez plaisant à l'esprit de corps. Je ne savais pas qu'il y eût des questions réservées en matière scientifique et technique, comme il y a des chasses réservées. Hâtons-nous d'ajouter que cette singulière prétention, les auteurs des travaux antérieurs au mien n'ont nullement songé à l'élever. Une pareille idée ne pouvait guère venir qu'au champion officieux, qu'à l'avocat d'office des administrateurs, *des ingénieurs*, qu'au redresseur des « doctrines d'adhérence. » Quant au collègue envers lequel on m'a reproché autrefois (3) d'avoir « manqué d'esprit de corps en remettant » tout en question, jusqu'au mode d'exposition » il faisait ce que nous faisons tous, il répondait, il discutait sérieusement, sans sortir de la question. Et ce « *mode d'exposition* » si coupable, veut-on savoir comment il le jugeait?

« Le rédacteur de cet article s'est appliqué à présenter » la théorie des actions perturbatrices et des contre-poids » qui les neutralisent, en employant une méthode d'expo-

(1) *Annales des chemins de fer*, 1er avril 1850, page 244.

(2) Des contre-poids appliqués aux roues motrices des machines locomotives et des limites qu'il convient de leur assigner. *Annales des mines*, t. III, 1853, p. 427.

(3) *Journal des chemins de fer*.

» sition différente de celle que j'avais adoptée et *plus con-*
» *forme aux principes enseignés dans les cours de mé-*
» *canique rationnelle. Cette méthode peut être préférée par*
» *quelques personnes.* Mais pour mon compte, je persiste à
» croire, malgré les observations qui avaient été soulevées
» dès l'origine contre le mode trop élémentaire que l'on m'a
» quelquefois reproché d'avoir suivi, que des recherches des-
» tinées surtout à être utilisés par les *praticiens* (1) doivent
» être exposées de la manière la plus simple possible (2). »

Il est tout naturel que chacun trouve plus simple la méthode qu'il a adoptée. Je relevais d'ailleurs dans celle que je critiquais et qui, au surplus, est exactement celle de M. Nollau (3), non-seulement le défaut de simplicité, mais aussi le défaut d'exactitude. Mais la question n'est pas là.

La question (si réellement il y en a une), c'est de savoir si la « campagne » faite en 1850 et en 1853 a été « malheureuse. »

Elle l'a été, incontestablement, si les contre-poids critiqués ont prévalu sur les contre-poids recommandés, si l'équilibre *horizontal* l'a emporté sur l'équilibre *moyen* voisin de l'équilibre *vertical.*

« Le résultat des investigations, » disait l'auteur du mémoire sur la *stabilité des machines locomotives* (p. 111), « a été
» l'adoption du système d'*équilibre complet* des parties tour-
» nantes et des parties horizontales sur le chemin de fer du
» Nord. »

(1) Je souligne ces mots, voici pourquoi :
Dans un accès de purisme auquel on ne se serait pas attendu de sa part, mon critique me reprochait(*) d'avoir employé le mot *praticiens* dans le sens général d'*hommes pratiques.* Il peut voir que je n'étais pas seul à généraliser le sens primitivement restreint de ce mot. En attendant que l'Académie ait prononcé, je le renverrai à la plupart des dictionnaires, au traité de M. Perdonnet, et à une foule d'autres ouvrages techniques, à un entre autres qui débute ainsi : « Nous nous sommes proposé, en entreprenant la première » édition de ce travail, de faire un livre utile aux *praticiens.* »
Cet ouvrage, quel est-il? serait-il par hasard à l'usage des disciples de Cujas ou d'Hippocrate? — Cet ouvrage, il porte le nom du critique! C'est le *Guide du mécanicien conducteur de machines locomotives*(**). Décidément l'auteur n'a pas la main heureuse! Il ne se pique pas autrement d'être conséquent avec lui-même; à moins cependant qu'il n'y ait deux écrivains du même nom!
(2) Lettre de M. Lechatelier au rédacteur des *Annales des chemins de fer*, numéro du 12 mai 1850, page 280.
(3) Voir plus bas, page 483.
(*) Mémoire sur la traversée du Simplon, page 259.
(**) Page 1re, ligne 1re.

Cela était écrit en 1849.

Dans la lettre citée tout à l'heure (avril 1850), le même ingénieur disait :

« Maintenant que l'expérience a prononcé, je n'hésite pas à » conseiller d'établir, au moyen des contre-poids, l'équilibre » *absolu* des parties mobiles du mécanisme : manivelle, bielles, » pistons, etc. »

Quelle est la situation actuelle? N'affirmons pas, citons :

1° M. Perdonnet, *Traité élémentaire des chemins de fer* 2e édition, tome II, p. 743 :

« Au chemin de l'Est on a appliqué aux machines à cylindres » extérieurs des contre-poids dans les dimensions ont été fournies » par M. Lechatelier. Depuis, l'expérience ayant montré que des » contre-poids un peu moins lourds suffisaient pour neutraliser » les actions perturbatrices,... on s'est borné à appliquer des » contre-poids égaux à peu près aux TROIS QUARTS de ce qu'il » faudrait d'après la théorie de M. Lechatelier.

» Un certain nombre de machines, pour lesquelles on a laissé » toute latitude aux constructeurs, sont munies de contre- » poids qui ne pèsent pas *la moitié* de ce qu'il faudrait rigou- » reusement. Ces machines ont néanmoins une stabilité suf- » fisante.

« *Il est donc établi que les contre-poids sont indispensables* » (ce que personne ne conteste), « *mais* qu'on peut *les faire moins* » *lourds que ne l'indique la théorie de M. Lechatelier.* »

Au lieu de : *on peut*, c'est *on doit* que l'auteur aurait dû dire.

2° M. Beugniot, ingénieur des établissements de M. Kœchlin, a Mulhouse. (*Bulletin de la société industrielle*, cahiers d'octobre et de novembre 1860, p. 488 et 530. Description de la machine qui porte son nom.)

« ... Nous nous en sommes donc tenus à l'équilibre vertical (1) » à peu près, et la stabilité de notre machine *prouve que nous* » *avons bien fait* de ne pas aller plus loin.

---

(1) M. Beugniot, on le voit, adopte la seule définition exacte; il ne tombe pas dans l'erreur commune qui consiste à regarder la bielle comme composée de deux parties animées, l'une d'un mouvement de rotation commun avec le bouton de la manivelle, l'autre d'un mouvement rectiligne commun avec le piston. Ainsi que je le faisais remarquer dans le mémoire de 1853, toute la bielle tourne à chaque instant, autour d'un centre instantané de rotation, qui passe à l'infini, deux fois, dans chaque révolution.

» Nous aurions craint en allant plus loin *de fatiguer inutile-*
» *ment les bandages et la voie.* »

3° M. Perdonnet rappelle dans le passage cité tout à l'heure, comment ont procédé plusieurs constructeurs auxquels on laissait leur liberté d'action.

En effet, l'instinct pratique des constructeurs a toujours résisté à l'exagération vers laquelle on voulait les pousser. Ils comprenaient qu'on dépassait le but, qu'on retombait dans l'écueil qu'on prétendait éviter.

On se rappelle (1) l'effet des contre-poids d'équilibre horizontal appliqués à quelques Crampton du chemin de fer du Nord!

Le chemin de l'Est voulut s'assurer à cette occasion que l'équilibre appliqué par le constructeur à ses machines Crampton ne l'exposait pas à de pareils mécomptes. Voici la réponse adressée à ce sujet, le 26 octobre 1853, à l'ingénieur en chef du matériel par l'ingénieur de la maison Cail :

« J'ai l'honneur de vous informer que, d'après les données
» de M. Lechatelier, le contre-poids à placer à chaque roue
» motrice des machines Crampton du chemin de fer de Stras-
» bourg serait de 108 kil. placés diamétralement opposés à la
» manivelle. Mais *n'ayant pas osé nous risquer dans l'emploi*
» *d'un contre-poids aussi puissant* pour les premières machines
» du Nord, nous l'avons réduit *à 1,8 fois plus petit*, et comme
» *ces machines ont parfaitement marché, sans perturbation*
» *dans leurs mouvements*, nous avons conservé ce même équi-
» libre pour nos autres machines Crampton. »

» Les machines de Strasbourg sont donc équilibrées par un contre-poids égal à

$$\frac{108}{1,8} = 60 \text{ kil.}$$

» Agréez, etc. »

Le chemin de l'Est fut rassuré.

Depuis, on s'est tenu aux mêmes errements, et on s'en trouve bien.

Encore une citation :

« On a prétendu qu'il y avait inconvénient à équilibrer, par

(1) *Des contre-poids appliqués aux roues motrices des locomotives*, p. 25 et suivantes.

» des pièces animées d'un mouvement de rotation, les pièces » du mécanisme animées d'un mouvement d'oscillation recti- » ligne. Bien que l'expérience n'ait pas démontré l'exactitude » de cette appréciation..., il en est résulté une certaine incer- » titude dans l'esprit des ingénieurs et des constructeurs. *Ils » cherchent en général à se placer dans une situation inter- » médiaire, en n'équilibrant qu'une partie des masses sou- » mises au mouvement d'oscillation rectiligne.* Cette pratique » a, dans tous les cas, l'avantage de diminuer les efforts des » contre-poids..., et la différence entre un équilibre rigou- » reux et un équilibre obtenu aux deux tiers ou aux trois » quarts seulement est assez peu importante pour qu'il n'y ait » pas lieu d'insister. »

A qui est empruntée cette citation? à l'ouvrage collectif déjà cité plus haut, ouvrage qui porte le nom du critique (1). L'auteur de la note à laquelle je réponds récusera-t-il l'auteur du livre?

Je ne m'arrête pas à cette singulière assertion, qu'une différence de $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ (en l'admettant comme exacte) ne vaut pas la peine d'en parler. Négliger 25 p. 100, 33 p. 100, voilà, à coup sûr, ce qui s'appelle faire, pour les besoins de la cause, bon marché de l'*équilibre parfait !*

*Extrait des comptes rendus des séances de la société des ingénieurs civils, séance du 4 novembre* 1853 (2).

« ... L'auteur de la note entre ensuite dans quelques détails » sur les trois déraillements des machines Crampton (3). A l'o- » rigine et sur son conseil, les contre-poids, formant en » grande partie l'équilibre *horizontal*, avaient été appliqués... » Ces contre-poids, si tant est qu'ils aient joué un rôle et con- » couru avec d'autres causes à produire les déraillements, ne » l'ont fait qu'en raison de la construction spéciale de ces ma- » chines...

(1) *Guide du mécanicien conducteur de locomotives*, 2e édition, page 381.

(2) Note lue dans cette séance par M. Lechatelier.

(3) Lorsque je citai ces déraillements (*Des contre-poids appliqués aux roues motrices*, page 25), on ne craignit pas d'affirmer (*Journal des chemins de fer*, n° 34) qu'il s'agissait d'un fait purement fortuit. « *Un ouvrier* avait appliqué, *par erreur*, un contre-poids trop fort. » On n'osa pas soutenir ensuite cette assertion plus que hardie, et il ne fut plus question de l'*ouvrier* et de *son erreur* (a).

Il s'agissait tout simplement de contre-poids appliqués tels qu'ils avaient été calculés, c'est-à-dire des contre-poids de l'équilibre horizontal!

(a) Voir ma lettre au journal l'*Ingénieur*, tome I, 1853, page 614.

« ..... *Un quatrième déraillement de machine Crampton,*
» *n'ayant plus que trois contre-poids au lieu de quatre, ayant*
» *encore eu lieu récemment, on en est revenu aux contre-poids*
» *partiels.* »

Puis l'auteur ajoutait : « Est-ce un inconvénient des contre-» poids de ne pouvoir être appliqués aux machines Crampton, » ou un inconvénient des machines Crampton de ne pouvoir re-» cevoir des contre-poids qui seraient si utiles à leur conserva-» tion et même à celle de la voie ? »

Ainsi l'équilibre *complet, parfait,* c'est-à-dire l'équilibre *horizontal,* « *cet immense perfectionnement que l'étranger* » *s'est empressé d'imiter,* » les ingénieurs et les constructeurs français le repoussent unanimement, comme les ingénieurs de l'Allemagne chez qui il avait pris naissance, comme les ingénieurs anglais, qui s'en tiennent aussi à l'équilibre moyen !

Dira-t-on qu'il ne s'agit pas de l'équilibre vertical, ni de l'équilibre horizontal, ni de l'équilibre moyen, mais du fait même de l'application des contre-poids ? Qu'on dise donc alors où et quand j'aurais critiqué cette utile application !

Les contre-poids sont une excellente chose, on le sait depuis longtemps. Seulement, en pareille matière comme en toute chose, il ne faut pas d'excès.

« Ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le faire remarquer, » disait M. Lechatelier en 1849, « on a souvent et, depuis long-» temps, appliqué des contre-poids. L'expérience a constaté une » amélioration des conditions de stabilité, toutes les fois qu'on » l'a fait (1). »

Le principe ne peut donc pas, et cela depuis longtemps, être mis en question.

Il n'y a de discussion possible que sur les limites ou plus exactement sur la nature de l'équilibre le plus avantageux.

« On ne s'était pas rendu compte, » ajoute le même ingénieur (2) « si ce n'est depuis quelque temps en Allemagne et en » Angleterre, de la *nécessité* de faire entrer en ligne de compte » le poids du piston et de la bielle motrice tout entière.... Ce » qui est constant, c'est que si l'on n'a pas obtenu des con-» tre-poids tout l'effet qu'on devait en attendre, c'est qu'on » leur a toujours donné des dimensions beaucoup trop faibles »

(1) *Etudes sur la stabilité des machines locomotives,* page 70.
(2) *Id.. id.,* page 70.

Cette *nécessité*, on vient de voir dans quel sens l'expérience a prononcé sur elle.

L'auteur de la dissertation sur les machines à huit roues couplées, et des doctrines d'adhérence, avait, au surplus, constaté lui-même sur les lieux quel était en 1849 l'état de la question des contre-poids en Angleterre.

« Dans les machines du Great-Western, » disait-il (1), » les » parties tournantes sont équilibrées. Le poids des pièces sou- » mises au mouvement alternatif horizontal ne l'est pas. »

Aux ateliers de Crewe, même équilibre qu'à Swindon.

Même règle aux ateliers de MM. Sharp à Manchester. « *Les* » *constructeurs n'ont pas jugé utile de porter les contre-poids* » *au delà des parties tournantes* » (page 108).

Le contre-poids qui équilibre ce qu'on appelle improprement les *parties tournantes*, est précisément celui qui réalise l'équilibre *vertical*.

En somme, qu'adopte-t-on universellement? tantôt l'équilibre *vertical*, tantôt un équilibre *moyen*, qui s'en rapproche beaucoup; quelquefois même (et à tort), on ne l'atteint pas.

Quant à l'équilibre *horizontal*, cet équilibre *parfait*, *complet*, on ne l'applique jamais.

Voilà ce qu'on fait.

Voici maintenant ce que je disais dans la « *malheureuse campagne* » de 1853 :

« *Conclusion.*

» La compensation simultanée, par un mouvement unique, » des mouvements distincts de la manivelle, de la bielle et du » piston, est impossible.

» Obtenu par ce moyen, l'équilibre *horizontal* et l'équilibre » *vertical* sont incompatibles. Il faut opter entre eux ou prendre » un terme moyen.

» La convenance de l'application d'un contre-poids n'est pas » et n'a jamais été mise en question. En fait, tout le monde est » d'accord sur un point : l'utilité d'un contre-poids réalisant l'é- » quilibre *vertical*.

» Mais faut-il s'en tenir là, ou aller jusqu'à l'équilibre *hori-* » *zontal?*

» Ce dernier parti entraîne, on l'a vu, des conséquences très-

(1) Lettre insérée à la suite de la brochure *Sur la stabilité des machines locomotives*, page 107.

» graves pour les bandages et pour la voie, etc.; pour les ma-
» chines, quand elles marchent à grande vitesse, le danger
» immédiat d'un déraillement partiel, c'est-à-dire le danger, à
» coup sûr assez prochain, d'un déraillement total.

» ... Mais la destruction *partielle* des perturbations *horizon-*
» *tales* par les contre-poids de l'équilibre *vertical*, est-elle
» réellement suffisante? N'y a-t-il aucun inconvénient à laisser
» au défaut de liberté de la machine le soin de fournir à la sta-
» bilité le complément qui lui manque?

» Cette stabilité a un vice grave, elle est *forcée*...

» On voit, en résumé, que la question de la stabilité n'est
» résolue pratiquement ni par le contre-poids de l'équilibre
» vertical ni par le contre-poids de l'équilibre horizontal... (1) »

J'étais donc, on le voit, bien moins absolu en 1853 que ne l'est la pratique aujourd'hui. Elle m'a donné plus que raison.

J'ajouterai que j'avais à tort, dans le mémoire de 1853, indiqué (page 18) M. Nollau comme recommandant l'équilibre *horizontal* (2). Cet ingénieur avait, en effet, calculé cet équilibre, mais il avait soin de le repousser en pratique (voir plus bas, page 490), et de s'arrêter précisément à cet équilibre *moyen* que le *Guide du mécanicien* lui reproche, bien à tort, on l'a vu, d'avoir adopté (3).

On se demande, en vérité, dans quel but l'auteur me met dans la nécessité de revenir sur ces détails. Est-ce bien un zèle inconsidéré mais louable dans son principe qui l'entraîne et l'égare? Agirait-on autrement si on obéissait à un sentiment contraire?

L'ingénieur auquel il fait allusion n'a certes nul besoin de ses certificats. Il a rendu un service réel en contribuant à la propagation des contre-poids, qui étaient connus, comme il le dit lui-même, depuis longtemps, mais qui n'étaient pas assez généralement appliqués; le travail de M. Nollau n'avait reçu,

(1) *Des contre-poids appliqués aux roues motrices*, page 27.

(2) Le travail de M. Nollau est fort peu connu en France. Il n'a jamais été traduit dans notre langue, quoiqu'il méritât de l'être. Il est court, substantiel, et encore intéressant aujourd'hui, malgré sa date ancienne. On le trouvera plus bas. C'est presque un acte de justice envers un ingénieur qui a traité la question si complétement et avec une sagacité remarquable.

(3) « M. Nollau fit connaître, en 1848, la cause exacte des actions pertur-
» batrices, et fit voir qu'on pouvait la détruire rationnellement par l'appli-
» cation des contre-poids. Il est à remarquer, toutefois, qu'il s'est arrêté dans
» la voie qu'il avait ouverte, *en établissant en quelque sorte un équilibre*
» *moyen*. » (*Guide du mécanicien*, page 370.)

en effet, qu'une publicité restreinte, presque nulle en France, où on lit trop peu les travaux étrangers, surtout les travaux allemands. Jamais l'auteur du mémoire sur *la stabilité des machines locomotives* n'a élevé la moindre prétention à la paternité qu'un zèle maladroit voudrait lui attribuer. « C'est donc, dit-il » lui-même (page 5 de son mémoire), moins un travail original » que je présente ici, qu'un résumé de toutes les connaissances » théoriques et expérimentales actuellement acquises. » Si, par une tendance naturelle, il a été conduit à conseiller de dépasser les limites dans lesquelles on doit se renfermer, l'expérience n'a pas tardé à mettre en évidence les effets de l'exagération; l'équilibre *horizontal*, essayé un instant, n'a pu résister à cette épreuve, et on s'en est tenu à l'équilibre *vertical* ou à un équilibre *moyen*. Mais du moins les constructeurs et les ingénieurs qui avaient, bien à tort, négligé ce précieux élément de stabilité, ont appris à en profiter, de sorte qu'en définitive les bons effets du travail de vulgarisation ont seuls subsisté.

Terminons là cette polémique, qui contraste si singulièrement avec le ton habituel de ce recueil. Peut-être, de mon côté, ai-je prit trop au sérieux ce qui l'est si peu!

L'auteur « se gardera bien, » dit-il (page 457), « de découra- » ger d'écrire... » Je crois que sur ce point il peut être parfaitement tranquille. Mais n'y a-t-il pas un autre danger, — le danger de « décourager » les lecteurs?

---

## *Sur l'application des contre-poids aux roues motrices des machines locomotives.*

Par M. NOLLAU, ingénieur du matériel au chemin de fer du Holstein, à Altona.

---

(Extrait de l'*Eisenbachn Zeitung* (Journal des chemins de fer de Stuttgart), année 1848, page 323.)

---

On sait que la plupart des locomotives, surtout lorsqu'elles remorquent une faible charge ou lorsqu'on ferme le régulateur en marche à grande vitesse, impriment à leur attelage avec le tender des chocs plus ou moins saccadés. Ces chocs amènent la prompte destruction de la barre de connexion et de ses attaches. On cherche généralement à combattre cet effet par l'interposition d'un ressort outre la machine et le tender. Ce

moyen doit certainement être recommandé. Mais s'il atténue les effets, il n'a aucune action sur la cause elle-même. On reconnaît aisément que cette cause réside, non dans le tender et les wagons, mais dans la machine; et il suffit d'un peu d'attention pour s'assurer que les oscillations de celle-ci correspondent exactement à celles du piston. Les chocs qui se produisent quand la machine change brusquement de vitesse, par exemple lors des démarrages et des arrêts, n'ont qu'une influence relativement très-minime. La cause des effets dont je m'occupe est tout entière dans l'action des forces centrifuges, et des forces d'inertie des pièces du mécanisme.

La masse de la manivelle et celle de la partie de la bielle qu'elle supporte, sont sollicitées, lorsque l'essieu moteur tourne rapidement, par des forces centrifuges qui se transmettent à l'essieu et par suite à toute la machine, suivant une direction à chaque instant différente. Ces forces ne sont pas assez considérables pour produire des effets bien prononcés; mais, quand le piston approche du point mort, ses forces d'inertie entrent en jeu. Le piston a sa vitesse maximum lorsqu'il est au milieu de sa course; elle décroît jusqu'à zéro, puis change de sens. Le piston avec ses annexes est alternativement accéléré et retardé, et les forces d'inertie qui produisent cette accélération et ce ralentissement, jointes aux forces centrifuges indiquées, sont précisément celles qui impriment à la machine son allure irrégulière.

Soient:

$r$ le rayon de la manivelle;

$q$ son poids, rapporté au centre du bouton, y compris la partie du poids et de la bielle qu'elle supporte;

$v$ la vitesse uniforme à la circonférence décrite par le centre du bouton;

La force centrifuge est

$$p = \frac{v^2}{rg} q. \qquad (1)$$

Lorsque la manivelle est à peu près à angle droit sur la tige du piston, ou, en d'autres termes, lorsque le piston a sa plus grande vitesse, cette force agit seule. Pour déterminer la force $p'$ qui produit le mouvement accéléré ou retardé du piston, appelons $l$ la longueur de la bielle et $q'$ le poids du piston et de ses annexes, y compris la partie du poids de la bielle que supporte la tête du piston.

Le chemin parcouru par le piston lorsque la manivelle passe de A à C (Pl. VI, *fig.* 7) est :

$$s = AB + Bb = r(1 - \cos\alpha) - l(1 - \cos\beta)$$

ou à cause de $\quad \sin\beta = \frac{r}{l}\sin\alpha, \ \cos\beta = \frac{\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\alpha}}{l},$

$$s = r(1 - \cos\alpha) + l - \sqrt{l^2 - r\sin^2\alpha},$$

ou comme $vl = r\alpha$, $t$ étant le temps, d'où $\alpha = \frac{vt}{r}$,

$$s = r\left(1 - \cos\frac{vt}{r}\right) + l - \sqrt{l^2 - v^2\sin^2\frac{vt}{r}};$$

la vitesse du piston, au bout du temps $t$, est

$$c = \frac{ds}{dt} = v\sin\frac{vt}{v}\left\{\frac{1 + r\cos\frac{vt}{v}}{\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\frac{vt}{r}}}\right\},$$

et à cause de $\quad g = \frac{q'}{p'}\frac{dc}{dt}, \quad$ d'où $\ p' = \frac{q'}{g}\frac{dc}{dt},$

$$p' = \frac{v^2q'}{g}\left\{\cos\alpha + r\,.\,\frac{l^2(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) + r^2\sin^4\alpha}{\sqrt{(l^2 - r^2\sin^2\alpha)^3}}\right\}.$$

Par suite de la longueur finie $l$ de la bielle, $p'$ est plus grand pour la demi-circonférence placée du côté du piston que pour la demi-circonférence opposée. Ainsi, par exemple :

Au point A, $\alpha = 0$, $\quad p' = \frac{v^2q'}{rg}\cdot\frac{l + r}{l};$

Au point B, $\alpha = 180°$, $\ p' = -\frac{v^2q'}{rg}\cdot\frac{l - r}{l};$

la différence est d'autant plus grande que $l$ est moins grand relativement à $r$. Par ce seul fait, les longues bielles contribuent à rendre l'allure des machines plus régulière.

C'est seulement la valeur moyenne qui importe à la pratique. Pour l'obtenir, supposons la bielle infinie, on a alors

$$p' = \frac{v^2q'}{rg}\cos\alpha.$$

Le maximum de cette valeur, qui a lieu à l'instant où le piston arrive au point mort en : $p' = \frac{v^2g}{rg}$; c'est-à-dire une expression de même forme que la force centrifuge.

On a donc : $p + p' = \frac{v^2}{rg}(q + q') = \frac{v^2}{rg} Q.$

*Ainsi la force qui sollicite l'essieu moteur, c'est-à-dire la machine, alternativement en avant et en arrière, s'obtient en ajoutant à la masse du piston et des pièces qui se meuvent solidairement avec lui, celle de la bielle, celle de la manivelle rapportée au centre du bouton, et évaluant la force centrifuge de cette masse totale supposée concentrée en ce point.*

Nous n'avons considéré qu'un seul cylindre. Lorsque les deux manivelles forment des angles de 45° avec la tige du piston, la force totale est :

$$P = 2\left(\frac{v^2}{rg} Q \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{v^2}{rg} Q \sqrt{2}, \qquad (2)$$

et cette force sollicitant l'essieu alternativement en avant et en arrière, la différence des valeurs de l'effort de traction pendant un tour de roue atteint

$$P = 2\left(\frac{v^2}{rg} Q \sqrt{2}\right) = 2,828 \frac{v^2}{rg} Q. \qquad (3)$$

Il faut donc pour éliminer cette action perturbatrice, appliquer aux roues motrices, à l'opposé de la manivelle, des masses sollicitées par la même force centrifuge et qui, par suite, neutraliseront les forces qu'on vient d'évaluer.

Ces déductions ont été confirmées d'une manière complète par les expériences variées que j'ai faites sur plusieurs locomotives.

Une des machines sur laquelle j'ai opéré a des cylindres de 15 pouces de diamètre et 20 pouces de course. Leur entre-axe est de 26 pouces ; la chaudière a 20 pieds de longueur, les six roues motrices 6 pieds de diamètre ; les roues extrêmes, de 3 pieds $\frac{1}{2}$ ont leurs essieux à 5 pieds $\frac{1}{2}$ de l'axe de l'essieu moteur. Le poids de la manivelle rapporté au centre du bouton est de 80 livres ; la partie du poids de la bielle qui s'appuie sur elle est de 72 livres ; on a donc $q = 152$ livres.

Le piston, avec sa tige et sa tête et le plongeur, pèse 203 liv. ; le reste de la bielle, 45 livres ; de sorte que $Q = 152 + 203 + 45 = 400$ livres. La vitesse étant de 6 milles par heure, on a $v = 11^{\text{pieds}},3$ par seconde.

| | | |
|---|---|---|
| (1) Donne | $p =$ | 723 livres ; |
| (2) | $P =$ | 1.903 livres ; |
| (3) | $P' =$ | 5.383 livres. |

Afin d'observer les perturbations des mouvements de la machine dégagée de toute influence étrangère, elle fut mise en vapeur et suspendue à la charpente de l'atelier au moyen de tringles en fer saisissant les roues portantes. Les roues se trouvaient ainsi à quelques pouces au-dessus des rails, et non-seulement les tiges de suspension laissaient le système libre dans le sens horizontal, mais encore l'élasticité de la charpente qui le supportait lui permettait de prendre des mouvements verticaux.

Dès qu'en admettant de la vapeur, on fit tourner les roues motrices avec la vitesse ordinaire, la machine prit un mouvement de va-et-vient en avant et en arrière, concordant avec la marche des pistons, et d'une amplitude totale de 4 pouces environ. C'est à peine si on remarquait une oscillation horizontale transversale vers la boîte-à-fumée, mais les mouvements verticaux étaient, au contraire, saccadés et très-sensibles. Cette perturbation ne peut être remarquée dans les conditions ordinaires, parce que les rails s'opposent au mouvement. Mais elle explique ce fait, que les bandages ont ordinairement leur maximum d'usure au droit de la manivelle.

Les contre-poids à appliquer pour neutraliser les forces centrifuges étant placés à 30 pouces de l'axe de l'essieu, soit à une distance égale à trois fois le rayon de la manivelle, ils devaient peser :

$$\frac{1}{3} \cdot 152 \text{ ou } 51 \text{ livres.}$$

Dès qu'ils furent mis en place, toute tendance aux mouvements verticaux disparut complétement, même lorsque les roues faisaient 250 tours par minute; mais le mouvement de va-et-vient horizontal était encore prononcé. Il disparut à son tour lorsque le contre-poids fut porté à $\frac{1}{3} \cdot 400 = 133$ livres. Mais alors le mouvement vertical reparut, et accompagné d'une oscillation horizontale et transversale de l'avant de la machine. En effet, d'une part, les contre-poids étaient, naturellement, trop forts pour la force perturbatrice verticale; de l'autre, ils se mouvaient dans des plans verticaux deux fois plus éloignés du plan diamétral de la machine que les masses des pistons à neutraliser.

J'adoptai pour cette machine la moyenne, soit 92 livres. Cette

application remonte aujourd'hui à un an environ (1847); les pièces de l'attelage n'ont pas éprouvé la moindre altération, tandis qu'avant l'application des contre-poids et malgré l'interposition d'un ressort de choc et de traction, les boulons étaient toujours cisaillés, et les plaques d'attelage, déchirées. En outre, le mouvement de la machine a acquis une régularité surprenante.

J'ai procédé comme il suit pour observer le mouvement horizontal de va-et-vient :

1° La machine étant placée sur une portion de voie bien horizontale, les rails furent enlevés sous les roues motrices, et on donna de la vapeur sans que les roues portantes fussent calées;

2° La machine fut mise en marche à la vitesse ordinaire, remorquant seulement son tender, et le boulon d'attelage ayant un jeu de 2 pouces.

On constata dans ces deux expériences, qu'avec un contre-poids de 133 livres (1) il n'y avait pas le moindre choc, tandis que dès qu'on le diminuait ou qu'on l'augmentait d'une vingtaine de livres seulement, les mouvements irréguliers devenaient très-sensibles.

Les machines à roues couplées et à cylindres intérieurs pourraient généralement se passer de contre-poids; les manivelles extérieures, calées à 180° des manivelles motrices, et les bielles d'accouplement remplissent déjà, en effet, les fonctions de contre-poids. Tel est le motif de la stabilité que possèdent ces machines, et qui diminue si on vient à enlever les bielles d'accouplement.

Les locomotives à cylindres extérieurs présentent l'inconvénient bien connu, qu'à chaque coup de piston l'avant de la machine est jeté avec plus ou moins de force de gauche à droite et de droite à gauche. On s'est pour ainsi dire cassé la tête pour trouver la cause de cette tendance, dont a donné diverses explications : on l'a notamment attribuée aux variations qu'éprouve la pression exercée sur les ressorts d'avant par suite de l'obliquité des bielles; à quoi l'on peut objecter que, dans les machines à cylindres horizontaux, c'est à peine si l'on peut remarquer une oscillation régulière des ressorts. D'ailleurs, fût-elle plus prononcée, elle ne pourrait imprimer à la machine

---

(1) Celui de l'équilibre vertical. (*Note du traducteur.*)

les mouvements transversaux observés. Mais de toutes les objections la plus décisive, c'est que la perturbation dont il s'agit persiste, même quand le régulateur est fermé.

Quand les cylindres sont intérieurs et par suite peu éloignés du plan moyen de la machine, les actions perturbatrices des deux pistons se réduisent à peu peu près à une force située dans ce plan. Avec les cylindres extérieurs, au contraire, la machine est sollicitée à osciller autour d'un axe vertical imaginaire ; mais l'instabilité de ces machines peut d'autant mieux disparaître par l'application de contre-poids convenables, que ces poids et les pistons sont à peu près à la même distance de l'axe de la machine.

Les machines qui présentent les conditions les plus défavorables sont celles qui ont à la fois les cylindres extérieurs et les roues couplées, puisque les pièces de l'accouplement sont alors elles-mêmes des éléments de perturbation, au lieu d'être comme dans le cas des cylindres intérieurs des éléments de neutralisation. Des contre-poids très-lourds deviennent dès lors nécessaires; on peut au surplus les répartir convenablement entre les roues couplées.

Soient, par exemple, pour une machine à quatre roues couplées à cylindres de 24 pouces et à roues motrices de 5 pieds :

| | |
|---|---|
| Le poids du piston et de ses annexes . . . . . . . . . | 190 livres. |
| Bielle motrice. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 106 |
| Bielle d'accouplement . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 104 |
| Parties excentrées des deux manivelles (motrice et d'accouplement) rapportées au centre du bouton. . | 50 |
| Total. . . . . . . . . . . . . | 450 |

Le contre-poids ayant son centre de gravité à 25 pouces de l'axe de l'essieu, il faudrait, pour détruire entièrement le lacet, le porter à $\frac{12}{25}$ 440 = 216, soit 108 livres sur chacune des roues motrices, mais *pour ne pas trop dépasser l'équilibre vertical*, il convient de s'arrêter à 80 livres.

Dans les machines à trois cylindres, les forces d'inertie agissent de chaque côté, avec des intensités égales et dans le même sens à chaque instant. Il n'y a donc aucune tendance au mouvement de lacet, mais le mouvement de va-et-vient longitudinal subsiste, et les contre-poids sont dès lors aussi nécessaires dans ces machines que dans les autres.

# BULLETIN.

## PREMIER SEMESTRE 1860.

### Sur l'industrie minérale de la province de Hainaut (Belgique).

Les charbonnages de la province se partagent ordinairement en trois groupes connus sous les désignations de *charbonnages du couchant de Mons*, ou simplement, *de Mons*, *du centre* et *de Charleroy*. Le premier groupe comprend les charbonnages situés à l'ouest de la ville de Mons; le second ceux qui sont situés entre cette ville et la rivière du Piéton, et enfin le troisième, les charbonnages situés aux environs de Charleroy, depuis le Piéton jusqu'à la limite orientale de la province.

| | 1855 | 1856 | 1857 | 1858 | 1859 |
|---|---|---|---|---|---|
| Puits d'extraction en activité. . . . . . . . | 234 | 241 | 236 | 233 | 234 |
| Quantité de houille extraite, en tonnes. . | 6.453.416 | 6.219.132 | 6.441.182 | 6.855.011 | 7.099.326 |
| Quantité de houille extraite, en hectolitres. | 73.367.954 | 70.890.781 | 72.341.598 | 77.033.218 | 79.873.403 |
| Valeur de l'extraction, en francs. . . . . . . | 82.514.904 | 83.735.622 | 80.019.228 | 82.247.614 | 83.794.425 |

Comme on le voit, le nombre de puits d'extraction est resté à peu près stationnaire, pendant les cinq dernières années, ne variant que de 233, en 1858, à 241 en 1856, mais la production de l'année 1859 a dépassé celle de 1858, en quantité, de 244.315 tonneaux, et, en valeur, de 1.546.811 francs, bien que le prix de vente, au tonneau, ait subi une réduction générale de 20 centimes, de 12 francs à 11f,80.

Je reproduis ci-dessous les quatre dernières lignes du tableau indiquant les quantités pour lesquelles chacun des trois groupes

de charbonnages a contribué à la production totale de la province, et j'y ajoute les renseignements relatifs à l'année 1859.

| Années. | CHARBONNAGES | | | TOTAUX POUR LA PROVINCE. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | de Mons. | du Centre. | de Charleroy. | Quantités. | Valeur. | Prix de vente. |
| | ton. | ton. | ton. | ton. | fr. | fr. |
| 1855 | 3.000.523 | 1.091.878 | 2.363:015 | 6.458.416 | 82.514.904 | 12.78 |
| 1856 | 2.591.011 | 1 057.376 | 2.567.745 | 6.219.132 | 83.735.6?2 | 13.46 |
| 1857 | 2.691.079 | 1 083.169 | 2.666.934 | 6.441.182 | 80.019.228 | 12.42 |
| 1858 | 2.869.610 | 1.120.587 | 2.864.814 | 6.855.011 | 82.247.614 | 12,00 |
| 1859 | 3.007.124 | 1.095.670 | 2.993.532 | 7.099.326 | 83 794.425 | 11,80 |

Les charbonnages de Mons occupent toujours le premier rang; ils ont fourni à la consommation, en 1859, 3.007.124 tonnes de houille, c'est-à-dire près de 7.000 tonnes de plus qu'en 1855. La production des charbonnages du centre est variable; en 1859, elle a été inférieure de 21,917 tonnes, à celle de 1858, et supérieure seulement de 5.792 tonnes à celle de 1855; la moyenne quinquennale est de 1.090.936 tonnes. La production des Charbonnages de Charleroy continue à s'accroître; en 1859, elle s'est élevée à 2.993.532 tonnes, dépassant ainsi de 630.517 tonnes, ou de près de 27 p. 100, celle de 1855, et ne restant inférieure à celle des charbonnages de Mons, que de 13.592 tonnes.

Depuis 1855, l'extraction totale de la province n'a augmenté que de 640.910 tonnes ou de 10 p. 100.

Comparons la production de 1858, d abord à celle des autres provinces de la Belgique, de Liége et de Namur, qui avec le Luxembourg, forment la deuxième direction des mines, et ensuite avec celle des autres pays principaux producteurs de cette espèce de combustible, qui joue un si grand rôle dans le développement de l'industrie et de la civilisation des peuples.

| | Hainaut. | Namur. | Liége. | Belgique. |
|---|---|---|---|---|
| Nombre de mines de houille en exploitation. . . . . . . | 86 | 24 | 83 | 193 |
| Nombre de siéges d'exploitation en activité. . . . . . | 233 | 39 | 109 | 381 |
| Nombre d'ouvriers. . . . . . | 55.081 | 1.628 | 17.138 | 73.8[illegible]0 |
| Quantité de houille extraite, en tonnes . . . . . . . . . | 6.855.011 | 217.774 | 1.852.929 | 8.925.714 |
| Valeur. . . . . . . . . . . . . | 82.247.614 | 1.570.323 | 19.559.184 | 103.377.121 |

D'après ces chiffres, la province de Hainaut entre donc, à elle seule, pour 74 p. 100, ou pour plus des trois quarts, dans la production totale de houille de la Belgique.

*Production de combustibles minéraux en* 1858.

| | | tonnes. |
|---|---|---|
| Grande-Bretagne | Houille | 66.048.787 |
| États-Unis d'Amérique | Houille | 14.920.996 |
| | Anthracite | 6.867.944 |
| Prusse | Houille | 10.417.296 |
| | Lignite | 2,425.627 |
| Belgique | Houille | 8.925.927 |
| France | Houille | 8.400.000 |
| Autriche | Houille | 1.180.245 |
| | Lignite | 920.602 |
| Saxe | Houille | 1.400.400 |
| | Lignite | 210.000 |
| Hanovre | Houille | 450.000 |
| Hesse-Électorale, Schauenbourg-Lippe | Houille | 250.000 |
| | Lignite | 50.000 |
| Bavière | Houille | 270.000 |
| Espagne | Houille | 215.000 |
| Grand-Duché de Hesse | Lignite | 50.000 |
| Grand-Duché de Bade | Houille | 2 500 |
| Autres contrées | Houille | 7.000.000 |
| Total | | 130.002.711 |

On peut donc estimer au moins à *cent trente millions* de tonnes la production totale, dans le monde entier, d'anthracite, de houille et de lignite.

Le royaume uni de la Grande-Bretagne fournit seul, plus que la moitié de cette quantité de combustibles minéraux; les États-Unis d'Amérique près du sixième; la Prusse, le dixième; la Belgique, un quatorzième et demi, etc.

Dans l'ordre d'importance de la production, la Prusse occupe maintenant le troisième rang; aussi les exploitations de ce pays se sont-elles rapidement développées depuis 1850, comme le fait voir le tableau suivant que j'extrais de la publication faite par M. Amédée Burat, au nom du comité des houillères françaises :

*Production de la houille en Prusse, de* 1850 *à* 1858, *en tonnes de* 1.000 *kilogrammes.*

| Années. | Silésie. | Saxe-Thuringe. | Westphalie. | Provinces du Rhin. | Production totale. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1850 | 1 444.703 | 27.725 | 1.665.661 | 1.017.559 | 4.155.648 |
| 1851 | 1.593.396 | 28.352 | 1.804.423 | 1.058.342 | 4.484.513 |
| 1852 | 1.949.177 | 30.205 | 1.955.936 | 1.222.135 | 5.157.453 |
| 1853 | 2.018.784 | 36.402 | 2.186.648 | 1.495.793 | 5.737.627 |
| 1854 | 2.227.023 | 39.384 | 2.718.674 | 1.826.114 | 6.811.195 |
| 1855 | 2.571.567 | 41.585 | 3.316.524 | 2.218.201 | 8.147,877 |
| 1856 | 2.971.930 | 42.587 | 3.575.295 | 2.267.878 | 8.857.690 |
| 1857 | 3.148.119 | 43.006 | 3.724.840 | 2.556.677 | 9.472.642 |
| 1858 | 3.684.134 | 45.611 | 4.006.270 | 2.731.280 | 10.417.295 |

Ainsi, pendant neuf ans, de 1850 à 1858, la production de houille, en Prusse, s'est accrue de 4.155.648 à 10.417.295 tonnes, c'est-à-dire de 151 p. 100; tandis qu'en Belgique l'augmentation n'a été que de 53 p. 100 (de 5.820.588 à 8.925.714 tonnes) dans la même période.

Je rectifie et je complète, pour les cinq dernières années, et autant qu'il m'est possible, par des documents officiels, les deux tableaux que j'ai insérés dans mon rapport de l'année dernière, de la production, du commerce et de la consommation de houille en Belgique et en France.

BELGIQUE.

| Années. | Production. | Importation. | Exportation. | Consommation. | Observations. |
|---|---|---|---|---|---|
| | ton. | ton. | ton. | ton. | |
| 1855 | 8.409.330 | 68.578 | 2.974.349 | 5.503.559 | |
| 1856 | 8 212.419 | 88.709 | 2.866.137 | 5.434.991 | |
| 1857 | 8.383.902 | 146.069 | 2.887.012 | 5.642.959 | |
| 1858 | 8.925 714 | 107.605 | 3.091.316 | 5.912.003 | |
| 1859 | *a* 9.200 000 | 110.062 | 3.140.996 | 6.169.066 | *a* Par estimation. |

FRANCE.

| Années. | Production. | IMPORTATION de Belgique. | de la Grande-Bretagne. | de Prusse. | d'autres pays. | Total. | Exportation. | Consommation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. |
| 1855 | 7.453.048 | 2.525.500 | 752.681 | 538.184 | 847 | 3.817.162 | 112.439 | 11.157.771 |
| 1856 | 7.933.201 | 2.419.446 | 883.380 | 607.022 | 5.831 | 3.915.679 | 97.783 | 11.751.099 |
| 1857 | *a* 7.900.000 | 2.464.985 | 1.154.391 | 678.834 | 28.279 | 4.326.489 | *b* 145.000 | 12.081.487 |
| 1858 | *b* 8.400.000 | 2.680.207 | 1.133.923 | 725.124 | 5.280 | 4.544.534 | 131.380 | 12.81[illegible].454 |
| 1859 | *b* 8.800.000 | 2.826.515 | 1.166.691 | 635.084 | 17.476 | 4.645.766 | *b* 135.000 | 13.310.766 |

*a* Rapport du ministre des travaux publics.
*b* Par estimation.

J'ai déjà fait observer que, dans les tableaux du commerce extérieur de la Belgique, le coke était, à tort, selon moi, confondu avec la houille, sous la dénomination de *charbon de terre*; il n'en est pas de même en France, où les importations de coke et de houille figurent séparément dans les états de douane; or, on sait que, pour obtenir 60 de coke, il faut en moyenne 100 de houille, et que c'est ordinairement d'après cette base, que l'on calcule la qualité de houille qui a servi, en gros, à la fabrication du coke. En France, les ingénieurs admettent même que 50 de coke représentent 100 de houille; mais je crois que le premier rapport est plus rapproché de la réalité.

J'ai donc pu dresser le tableau suivant des importations de coke en France, pendant les dix dernières années, et, par conséquent, des quantités de houille correspondantes.

| Années. | IMPORTATIONS EN FRANCE de Belgique. | | de la Grande-Bretagne. | | d'autres pays. | | Total. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Coke. | Houille. | Coke. | Houille | Coke. | Houille. | Coke. | Houille. |
| | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. |
| 1850 | 123.030 | 205.050 | 4.552 | 7.587 | 42.522 | 70.870 | 170.104 | 283.507 |
| 1851 | 137.872 | 229.787 | 1.739 | 2.898 | 49.787 | 82.978 | 189.398 | 315.663 |
| 1852 | 169.399 | 282.332 | 2.639 | 4.398 | 52.043 | 86.738 | 224.081 | 373.468 |
| 1853 | 232.880 | 388.133 | 1.921 | 3.202 | 71.522 | 119.203 | 306.323 | 510.538 |
| 1854 | 311.286 | 518 810 | 2.120 | 3.533 | 134.838 | 224.730 | 448.244 | 747.073 |
| 1855 | 344.336 | 573.893 | 2.332 | 3.887 | 158.862 | 264.770 | 505.530 | 842.550 |
| 1856 | 317.728 | 529.547 | 4.562 | 7.603 | 173.706 | 289.510 | 495.996 | 826.660 |
| 1857 | 277.924 | 463.207 | 6.495 | 10.825 | 210.612 | 351.520 | 495.331 | 825.552 |
| 1858 | 272.771 | 454.619 | 5.562 | 9.270 | 201.542 | 335.903 | 479 875 | 799.792 |
| 1859 | 259.460 | 432.433 | 5.823 | 9.705 | 188.290 | 313.817 | 453.573 | 755.955 |

Pour connaître la consommation totale de la France, il faut additionnner les quantités consignées aux dernières colonnes des deux tableaux précédents, et que je désigne sous les lettres A et B; l'on trouve ainsi les sommes suivantes :

| Années. | A. | B. | Consommation totale. | Observations. |
|---|---|---|---|---|
| | ton. | ton. | ton. | |
| 1850 | 7.225.267 | 283.507 | 7.508.774 | A. Production et importation de houille en nature. |
| 1851 | 7.376.834 | 315.663 | 7.692.497 | B. Importation de houille sous forme de coke. |
| 1852 | 7.958.526 | 373 468 | 8.331.994 | |
| 1853 | 8 997.841 | 510.538 | 9.508.379 | |
| 1854 | 9.854.182 | 747.073 | 10.601.255 | |
| 1855 | 11.157.771 | 842.550 | 12.000.321 | |
| 1856 | 11.751,097 | 826.660 | 12.577.757 | |
| 1857 | 12.081.489 | 825.552 | 12.907.041 | |
| 1858 | 12.813.154 | 799.792 | 13.612.946 | |
| 1859 | 13.310.766 | 755 955 | 14.066.721 | |

Ainsi, de 1850 à 1859, en dix ans, la consommation de houille en France a augmenté de 7.508.774 à 14.066.721 tonnes ou de 87 p. 100, et seulement de 3.842.985 à 6.169.066 tonnes, ou de 61 p. 100 en Belgique.

La Grande-Bretagne a exporté, en 1858, 6.633.955 tonnes de combustibles minéraux, ce qui fait à peu près le *dixième* de sa production. Pendant la même année, la Belgique a exporté 3.091.316 tonnes de houille, c'est-à-dire plus du *tiers* de sa production, et relativement à sa population, presque trois fois plus que le royaume uni de la Grande-Bretagne.

Aux États-Unis d'Amérique, l'exportation de combustibles s'est élevée à 264.000 tonnes et a été sensiblement compensée par l'importation. En Prusse, l'exportation est évaluée à 1.500.000 tonnes et paraît avoir excédé l'importation de 1.000.000 tonnes environ.

D'après ces chiffres et d'après les tableaux qui précèdent, je crois que l'on peut établir approximativement comme il suit la production et la consommation de houille par habitant, en 1858, pour les cinq États, principaux producteurs de ce combustible.

| | GRANDE-BRETAGNE. | ÉTATS-UNIS. | PRUSSE. | BELGIQUE. | FRANCE. |
|---|---|---|---|---|---|
| Population, en nombres ronds, en 1858. . . . . . | 29.000.000 | 28.000.000 | 17.800.000 | 4.600.000 | 37.000.000 |
| Production en houille. . . | ton. 66.048.787 | 14.920,996 | 10.417.296 | 8.925.714 | 8.400.000 |
| Consommation en houille. | 59,414.832 | 14.920·996 | 9.418.296 | 5.042.003 | 13.612.946 |
| Production par habitant. . | k. 2.278 | 533 | 585 | 1.930 | 227 |
| Consommation, *id*. . . . | 2.049 | 533 | 529 | 1.292 | [illegible] |

En ce qui concerne la production de houille, et proportion gardée avec le nombre d'habitants, les cinq États doivent donc être rangés dans l'ordre suivant : Grande-Bretagne, Belgique, Prusse, États-Unis, France; et en ce qui concerne la consommation, les États-Unis se placent avant la Prusse, et la France se rapproche de ce dernier État; mais aux deux points de vue, la Grande-Bretagne laisse assez loin derrière elle la Belgique et celle-ci encore plus loin les trois autres États. Si l'on supprimait les importations de houille étrangère en France, la consommation par habitant, qui n'était déjà en 1858 que de 568 kil., se réduirait à 223, et ne serait pas même la moitié de celle de la Prusse ni le cinquième de celle de la Belgique. Cette suppression porterait donc un coup fatal à l'industrie française.

Voici d'après le *Moniteur belge* le tableau des importations de charbons étrangers en Belgique, et des exportations de charbons belges, pendant les cinq dernières années.

| | 1855 | 1856 | 1857 | 1858 | 1859 |
|---|---|---|---|---|---|
| *Importations* | ton. | ton. | ton. | ton. | ton. |
| D'Angleterre. . . . . . | 1.051 | 34.577 | 74.686 | 57.332 | 53.896 |
| De France. . . . . . . | 62.547 | 47.953 | 64.863 | 48.679 | 54.901 |
| D'autres pays . . . . . | 4.980 | 6.179 | 0.520 | 1.564 | 1.265 |
| Totaux. . . . . | 68.578 | 88.709 | 146.069 | 107.605 | 110.062 |
| *Exportations* | | | | | |
| En France. . . . . . . | 2.808.341 | 2.690.462 | 2.680.079 | 2.893.000 | 2 984.543 |
| Dans les Pays-Bas. . . | 155.845 | 160.569 | 190.541 | 182.015 | 147.525 |
| Dans d'autres pays. . . | 10.106 | 9.189 | 16.392 | 16.301 | 8.928 |
| Totaux. . . . . | 2.974.849 | 2.366.137 | 2.887.012 | 3.091.316 | 3.140.996 |

L'exportation vers la France s'est faite, en 1859, comme l'indique le tableau suivant :

| | Coke. | Houille. | Totaux |
|---|---|---|---|
| | ton. | ton. | ton. |
| Canal de Mons à Condé. . . . . . . . . . | 6.394 | 993.746 | 1.000.140 |
| Sambre supérieure. . . . . . . . . . . . | » | 386.320 | 386.320 |
| Sambre inférieure. . . . . . . . . . . . | » | 216.431 | 216.431 |
| Chemins de fer, par Valenciennes . . . | 49.733 | 118.061 | 167.794 |
| Chemins de fer, par Jeumont . . . . . . | 74.313 | 491.527 | 565.840 |
| Chemin de fer de Mons à Hautmont. . | 110.908 | 452.566 | 563.474 |
| Chemin de fer de Mouscron à Lille. . . | 476 | 43.711 | 44.187 |
| Par d'autres voies. . . . . . . . . . . . . | » | 40.357 | 40.357 |
| Totaux. . . . . . . . . . . . | 241.824 | 2.742.719 | 2.984.543 |

D'après le tableau dressé par M. Bracq-Miroir, le combustible belge serait entré en France, par les principales voies de communication, comme il suit :

| | Coke. | Houille. | Totaux. |
|---|---|---|---|
| | ton. | ton. | ton. |
| Canal de Mons à Condé . . . . . . . . . . | 11.617 | 930.644 | 942.261 |
| Sambre. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3.046 | 606.509 | 609.555 |
| Chemin de fer de Mons à Valenciennes. | 49.733 | 118.061 | 167.794 |
| Chemin de fer d'Erquelines à Jeumont. | 74.313 | 491.527 | 565.840 |
| Chemin de fer de Mons à Haumont. . . | 110.908 | 452.566 | 563.474 |
| Chemin de fer de Mouscron à Lille. . . | 476 | 43.711 | 44.187 |
| Totaux. . . . . . . . . . . | 250.093 | 2.643. 01 | 2.893.111 |

Le total de ce tableau diffère de celui de l'année précédente, 1858, de 122.526 tonneaux, dont 20.596 seulement ont été transportés par le canal de Mons à Condé et par la Sambre. On voit donc que les voies navigables sont restées dans l'état d'infériorité où les a reléguées la concurrence des chemins de fer.

Les expéditions qui s'effectuaient autrefois, en grand nombre, par le chemin de fer de Mons à Valenciennes, continuent à diminuer (359.943 en 1858, 167.794 tonnes en 1859), et à prendre la direction de Mons à Hautmont (366.736 tonnes en 1858, 563.474 tonneaux en 1859). On remarquera aussi l'augmentation considérable des transports sur le chemin de fer d'Erquelines à Jeumont, augmentation qui, pour 1859, s'élève à 88.553 tonneaux.

Le tableau suivant indique les quantités de coke et de houille qui se sont écoulées par les principales voies navigables de la province de Hainaut, vers les lieux de consommation de la Belgique et de la Hollande.

| | Coke. | Houille | Totaux. |
|---|---|---|---|
| | ton. | ton. | ton. |
| Canal de Pommeroeul à Antoing .... | 511 | 616.248 | 616.759 |
| Canal de Charleroy à Bruxelles : | | | |
| Allant vers Bruxelles .......... | 5 | 579.755 | 579.760 |
| Allant vers la Sambre .......... | » | 15.424 | 15.424 |
| Parcours du canal ........... | 713 | 198.418 | 199.131 |
| Totaux .......... | 718 | 793.597 | 794.315 |
| Haute Sambre : | | | |
| Allant au canal de Bruxelles ..... | » | 43.503 | 43.503 |
| Allant à la haute Sambre ...... | » | 44.907 | 44.907 |
| Allant à la basse Sambre ....... | » | 41.120 | 41.120 |
| Allant à la Meuse ........... | » | 9.420 | 9.420 |
| Totaux .......... | » | 138.950 | 138.950 |
| Basse Sambre : | | | |
| Allant au canal de Bruxelles ..... | » | 80.446 | 80.446 |
| Allant à la haute Sambre ....... | » | 81.822 | 81.822 |
| Allant à la basse Sambre ....... | » | 115.487 | 115.487 |
| Allant à la Meuse ........... | » | 127.034 | 127.034 |
| Totaux .......... | » | 404.789 | 404.789 |
| Totaux généraux ......... | 1.229 | 1.953.584 | 1.954.813 |

A l'exception du canal de Charleroy à Bruxelles, sur lequel le transport de charbon a diminué de 11.740 tonnes, ce tableau constate une amélioration sensible dans le mouvement des transports sur les autres voies navigables. Ainsi cette augmentation de transport est de 85.245 tonnes pour le canal de Pommeroeul à Antoing, de 20.630 tonnes pour la haute Sambre, de 51.465 tonnes pour la basse Sambre et de 145.600 tonnes pour les quatre lignes navigables, quantité qui équivaut à plus des trois cinquièmes de l'excédant de la consommation de la houille en Belgique, pendant l'année 1859, comparée à l'année 1858, excédant qui est de 227.063 tonnes.

L'extraction totale des 7.099.326 tonnes de houille s'est effectuée en 1859 par 234 siéges d'exploitation (1 de plus qu'en

1858), dont 211 munis de machines à vapeur, 13 de manéges à chevaux, et 10 de treuils mus par des hommes. Un siége d'extraction a donc fourni, en moyenne, 30.339 tonnes de houille; c'est 918 tonnes de plus qu'en 1858, 3.046 de plus qu'en 1857 et 4.533 de plus qu'en 1856.

En 1859, la force moyenne des machines à vapeur d'épuisement s'est encore accrue de 8 chevaux vapeur (136 et 144), celle des machines à vapeur des puits d'extraction en activité, de 5 chevaux (49 et 54), celle des machines à vapeur des puits en réserve ou en avaleresse de deux chevaux (36 et 38), et celle des machines à vapeur d'aérage de 1 cheval (15 et 16). Le nombre de ces dernières machines s'est aussi accru de 11, de sorte qu'à la fin de l'année 1859 le nombre d'appareils à vapeur employés à faire mouvoir des ventilateurs était de 178. En 1858, l'on n'en comptait que 167 et en 1857 que 157.

Voici les profondeurs additionnées des diverses catégories de puits et les longueurs des galeries qui servaient à l'exploitation de la houille, ou à l'aérage des travaux souterrains, en 1859.

*Puits.*

| | mèt. |
|---|---|
| Puits d'exhaure spéciaux, pour l'épuisement des eaux. | 26.582 |
| Puits d'extraction en activité | 69.817 |
| Puits d'extraction en reserve, en préparation ou en avaleresse | 20.031 |
| Puits aux échelles. | 62.030 |
| Puits d'aérage. | 37.673 |
| Profondeur totale des puits. | 216.133 |

*Galeries.*

| | |
|---|---|
| Galeries à travers bancs, dans la roche (bouveaux) | 47.893 |
| Galeries servant au traînage, en œuvre de veines (costresses). | 184.047 |
| Galeries montantes aux fronts des tailles. | 25.212 |
| Galeries d'aérage, servant au retour des courants d'air. | 200.000 |
| Longueur totale des galeries. | 673.285 |
| Profondeur totale des puits et longueur totale des galeries | 457.152 |

En 1858, il avait été creusé 7.235 mètres de puits et 15.372 mètres de galeries, donc en totalité 22.607 mètres de puits et galeries (et non 15.372, comme je l'ai dit par erreur dans mon dernier rapport). En 1859 la profondeur totale des puits et la longueur totale des galeries excèdent respectivement les totaux correspondants de l'année 1858 de 5.659 et de 44.637 mètres; il résulte de là qu'il a été creusé 50.296 mètres de puits et de galeries pendant l'année 1859, et que ces excavations ont atteint

un développement total de 673 kilomètres ou de plus de 134 lieues de 5.000 mètres.

Voici la comparaison des principales opérations des charbonnages de la province de Hainaut, pendant les deux dernières années :

| | | 1858 | 1859 | Différence. |
|---|---|---|---|---|
| Ouvriers | | 55.084 | 58.855 | 3.771 |
| | | fr. | | |
| Salaire annuel moyen | | 747 | 759 | 12 |
| Frais extraordinaires | | 12.676.108 | 12.450.158 | —225.950 |
| Dépenses totales | Salaires | 41.127.749 | 44.647.100 | 3.519.[illegible]51 |
| | Autres frais | 30.325.322 | 30.690.914 | 365 592 |
| | Total | 71.453.071 | 75.338.014 | 3.884.943 |
| | | tx. | | |
| Production de houille | Quantité | 6.855.011 | 7.099.326 | 244 315 |
| | | fr. | | |
| | Valeur | 82.247.614 | 83.794.425 | 1.546.811 |
| Prix au tonneau | de revient | $10^{f}$,42 | 10,61 | 0,19 |
| | de vente | 12 ,00 | 11.80 | —0,20 |

Chacun des trois groupes de charbonnages est intervenu dans la production générale de la province, comme l'indique le tableau suivant :

| 1859. | CHARBONNAGES | | | |
|---|---|---|---|---|
| | de Mons. | du Centre. | de Charleroy. | du Hainaut. |
| ***Ouvriers.*** | | | | |
| Nombre | 27.259 | 7.862 | 23.734 | 58.855 |
| Salaires . . . fr. | 20.729.300 | 5.881.600 | 17.936.200 | 44.647.100 |
| Salaire annuel moyen . . . *id.* | 760 | 761 | 756 | 759 |
| ***Dépenses.*** | | | | |
| Extraordinaires . . . fr. | 4.916.600 | 2.804.200 | 4.729.358 | 12.450.158 |
| *Idem* par tonneau . . . *id.* | 1,63 | 2,55 | 1,58 | 1,75 |
| Total . . . *id.* | 34.544.100 | 11.351.100 | 29.442.814 | 75.338.014 |
| Prix de revient du tonneau. *id.* | 11,49 | 10,33 | 9,84 | 10,61 |
| ***Production.*** | | | | |
| Quantité de houille . . . ton. | 3.007.124 | 1.098.670 | 2.993.532 | 7.099.326 |
| Par puits en activité . . . *id.* | 38.553 | 26.797 | 26 031 | 30.339 |
| Par ouvrier . . . *id.* | 110 | 140 | 126 | 121 |
| Valeur totale . . . fr. | 38.233.300 | 14 248.270 | 31.312.855 | 83.744.275 |
| Prix de vente du tonneau. *id.* | 12,71 | 12,97 | 10,46 | 11,80 |
| ***Résultats.*** | | | | |
| Nombre de mines en gain . . . | 15 | 8 | 30 | 53 |
| Bénéfices . . . fr. | 5.217.000 | 3.636.300 | 2.681.257 | 11.534.557 |
| Nombre de mines en perte . . | 15 | 7 | 16 | 38 |
| Déficit . . . fr. | 1.527.800 | 739.130 | 811.216 | 3.078.146 |
| Bénéfice général . . . *id.* | 3.689.200 | 2.897.170 | 1.870.041 | 8.456 411 |
| Bénéfice au tonneau . . . *id* | 1,23 | 2,64 | 0,62 | 1,19 |

L'examen de ce tableau donne lieu aux observations suivantes :

1° Le nombre d'ouvriers a augmenté, dans les trois groupes de charbonnages, mais surtout à Mons et à Charleroy, de manière que, pour la province, il est supérieur de 3771 à celui de 1858. Le salaire annuel moyen a augmenté de 21 francs à Mons, de 28 francs au Centre, et de 12 francs dans la province; il a, au contraire, diminué de 6 francs à Charleroy; mais partout l'ouvrier a accompli une tâche moindre, puisqu'il a été extrait par ouvrier, en 1859 à Mons, 2 tonneaux de moins qu'en 1858, au Centre 4 tonneaux, à Charleroy 6, et dans la province 3 tonneaux.

2° Les dépenses extraordinaires de premier établissement et de travaux préparatoires, ont légèrement diminué à Mons et à Charleroy; mais elles ont augmenté au Centre, de manière que la diminution générale n'est que de 10 centimes au tonneau, pour la province.

3° Le prix de revient de la tonne de houille, a augmenté de 46 centimes à Mons, de 29 centimes au Centre, et seulement de 19 centimes dans la province, parce qu'il a diminué de 6 centimes à Charleroy. L'augmentation pour les deux premiers groupes doit être attribuée à l'accroissement du salaire en même temps qu'à la diminution de la somme de travail fournie par l'ouvrier.

4° La production absolue en quantité et en valeur, et la production moyenne par puits en activité a notablement augmenté à Mons et à Charleroy; mais elle a diminué au Centre. Cependant, comme nous l'avons déjà dit, la production générale de 1859 a dépassé celle de l'année précédente, en quantité, de 244.315 tonnes, et en valeur de 1.546.811 francs.

5° Les prix de vente à la tonne ont encore éprouvé, dans les trois groupes, une diminution qui se résume pour la province en une différence en moins de 20 centimes.

6° Enfin le bénéfice par tonne a baissé de 53 centimes à Mons, de 55 au Centre, de 15 à Charleroy, et de 39 dans la province; et sous le rapport du produit net réalisé, proportion gardée avec la quantité de houille extraite, le groupe des charbonnages du Centre a conservé la prééminence sur le groupe de Mons, et celui-ci sur le groupe de Charleroy.

La production de houille en 1859 s'est divisée en espèces et en qualités, comme l'indiquent les deux tableaux suivants :

| | Hectolitres. | Tonnes. | Valeur. |
|---|---|---|---|
| | | | fr. |
| 1. Gaillettes. . . . . . . . . . . . . | 2.436.100 | 195 818 | 4.550.500 |
| 2. Gailletteries. . . . . . . . . . . . | 4.125.500 | 333.890 | 7.176.900 |
| 3. Fines. . . . . . . . . . . . . . . . | 11.939.400 | 1.058.896 | 10.475.500 |
| 4. Grosse houille. . . . . . . . . . . | 4.646.855 | 418.217 | 7.800.583 |
| 5. Forges gailletteuses ou charbon. | 45.712.099 | 4.101.290 | 47.468.688 |
| 6. Autres espèces. . . . . . . . . . | 11.013.499 | 991.215 | 6.322.304 |
| Totaux. . . . . . . | 79.878.403 | 7.099.326 | 83.794.425 |

Les quantités de gaillettes, gailletteries et forges gailleteuses sont moindres qu'en 1858, de sorte que toute l'augmentation porte sur les trois autres espèces fines, grosse houille et espèces diverses.

| | Premier district. | Deuxième district. | Première direction. |
|---|---|---|---|
| | ton. | ton. | ton. |
| 1° Charbon maigre dit terre houille. . . | » | 23.098 | 23.098 |
| 2° Charbon maigre à courte flamme. . . | 55.530 | 615.154 | 670.684 |
| 3° Charbon demi-gras. . . . . . . . . . . | 1.141.815 | 2.379.422 | 3.521.237 |
| 4° Charbon gras éminemment propre à la fabrication du coke. . . . . . . . . | 429.255 | 531.558 | 960.813 |
| 5° Charbon flambant dit *flénu*. . . . . | 1.923.494 | » | 1.923.494 |
| Totaux. . . . . . . . . . . . . . . . | 3.550.094 | 3.549.232 | 7.099.326 |

En comparant ce tableau à celui de l'année dernière, l'on voit que l'extraction de la terre houille a diminué de 3.302 tonnes et du charbon gras propre à la fabrication du coke de 30.960; tandis que celle du charbon maigre à courte flamme, du charbon demi-gras et du charbon Flénu a augmenté respectivement de 24.340, de 196.273 et de 57.964 tonnes, de manière que l'augmentation totale est de 244.315 tonnes.

Année 1859. — *Mines de houille.*

| | | | Premier district. | Deuxième district. | Première direction. |
|---|---|---|---|---|---|
| Puits d'exhaure spéciaux. . . . Nombre. | | | 39 | 60 | 99 |
| Siéges d'extraction en activité. . . . . . | | | 99 | 135 | 234 |
| Siéges en réserve, ou en avaleresse. . . . | | | 29 | 46 | 75 |
| Totaux. . . . . . . . . . | | | 167 | 241 | 408 |
| Machines à vapeur d'épuisement. . . . . . . | | Nombre. . . . . | 43 | 54 | 97 |
| | | Force en ch. v. | 8.087 | 5.865 | 13.952 |
| Machines à vapeur d'extraction. | Puits en activité. . . . . | Nombre. . . . . | 103 | 117 | 220 |
| | | Force. . . . . . | 6.354 | 5.954 | 12.308 |
| | Puits en réserve, etc. . | Nombre . . . . | 30 | 42 | 72 |
| | | Force. . . . . . | 1.161 | 1.594 | 2.755 |
| Machines à vapeur d'aérage. . . . . . . . . . . | | Nombre . . . . | 75 | 103 | 178 |
| | | Force. . . . . . | 1.278 | 1.532 | 2.810 |
| Machines à vapeur à usages divers. . . . . | | Nombre . . . . | 75 | 65 | 140 |
| | | Force. . . . . . | 436 | 708 | 1.144 |
| Machines à vapeur de toute espèce. . . . . . | | Nombre . . . . | 326 | 381 | 707 |
| | | Force. . . . . | 17.316 | 15.653 | 32.969 |
| Machines à chevaux en activité. . . . . . . . . | | Nombre . . . . | » | 11 | 11 |
| | | Force. . . . . . | » | 23 | 23 |
| Nombre d'ouvriers. . . . | | à l'intérieur. . | 24.006 | 21.114 | 45.120 |
| | | à la surface. . | 7.329 | 6.406 | 13.735 |
| Totaux. . . . . . . . . . | | | 31.335 | 27.520 | 58.855 |
| Nombre de chevaux. . . | | à l'intérieur. . | 531 | 281 | 812 |
| | | à la surface. . | 491 | 456 | 947 |
| Totaux. . . . . . . . . . | | | 1.022 | 737 | 1.759 |
| Frais de travaux préparatoires et extraordinaires. . . . . . . . . . . . . . . . fr. | | | 6.073.100 | 6.377.058 | 12.450.158 |
| Dépenses totales ordinaires et extraordin. | | Salaires. . . fr. | 23.732.300 | 20.914.800 | 44.647.100 |
| | | Autres frais. . | 16.453.200 | 14.237.714 | 30.690.914 |
| Totaux. . . . . . . . . . | | | 40.185.500 | 35.152.515 | 75.338.014 |
| Production. | Quantité. . | en hectolitres. | 40.437.500 | 39.435.903 | 79.873.403 |
| | | en tonnes. . . . | 3.550.094 | 3.546.232 | 7.099.326 |
| | Valeur. . . . . . . . . . . fr. | | 45.258.500 | 38.535.925 | 83.794.425 |

*Exploitations de minerai de fer.*

| | | Premier district. | Deuxième district. | Première direction. |
|---|---|---|---|---|
| Nombre de siéges d'extraction à ciel ouvert. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 22 | » | 22 |
| Nombre de siéges d'extraction souterrains. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 15 | 165 | 180 |
| Profondeur moyenne de l'exploitation : mètres. . . . . . . . . . . . . . . . | | 11 | 24 | 22 |
| Nombre d'ouvriers . . . . . . . . . . . . . | | 255 | 803 | 1.058 |
| Quantité de minerai de fer extrait. | Brut : tonnes. . . . | 72.000 | 130.540 | 202.540 |
| | Lavé : — | 59.000 | 84.246 | 143.246 |
| Valeur sur place du minerai lavé . . fr. | | 494.500 | 802.408 | 1.296.908 |

## USINES.

| | Premier district. | Deuxième district. | Première direction. |
|---|---|---|---|
| 1° *Hauts fourneaux au charbon de bois.* | | | |
| Nombre de hauts fourneaux. Actifs. . . | » | » | » |
| Nombre de hauts fourneaux. Inactifs. . | » | 3 | 3 |
| 2° *Hauts fourneaux au coke.* | | | |
| Nombre de hauts fourneaux. Actifs. . . | 2 | 25 | 27 |
| Nombre de hauts fourneaux. Inactifs. . | 4 | 12 | 16 |
| Totaux. . . . . . . . . . . | 6 | 37 | 43 |
| Nombre de fours à coke. . . . . . . . . . | 32 | 968 | 1.000 |
| Nombre d'ouvriers. . . . . . . . . . . . . | 114 | 2.136 | 2.270 |
| Machines à vapeur des hauts fourneaux en activité. Nombre. . . . . | 5 | 38 | 43 |
| Machines à vapeur des hauts fourneaux en activité. Force en ch. v. | 363 | 1.838 | 2.201 |
| Consommation. en minerai de fer : ton. | 26.440 | 443.280 | 469.720 |
| Consommation. en castine . . . . . — | 14.570 | 184.151 | 198.721 |
| Consommation. en coke. . . . . . . — | 12.790 | 225.067 | 237 857 |
| Production quantité. fonte de moulage. . . . — | 6.600 | 37.871 | 44.471 |
| Production quantité. fonte d'affinage. . . . . — | 1.500 | 117.955 | 119.455 |
| Totaux. . . . . . . . . . . | 8.100 | 155.826 | 163.926 |
| Production valeur. Fonte de moulage. . . . fr. | 660.000 | 3.669.178 | 4.329.178 |
| Production valeur. Fonte d'affinage. . . . . . . | 126.000 | 9.780.360 | 9.906.360 |
| Totaux. . . . . . . . . . . | 786.000 | 13.449.538 | 14.235.538 |
| 3° *Affineries de fer au charbon de bois et à la houille.* | | | |
| Foyers découverts d'affinerie . . Actifs. . . . | » | 8 | 8 |
| Foyers découverts d'affinerie . . Inactifs. . . | » | 13 | 13 |
| Foyers découverts de chaufferie. Actifs. . . . | » | 4 | 4 |
| Foyers découverts de chaufferie. Inactifs. . . | » | 7 | 7 |
| Fineries. . . . . . . . . . . Actives . . . | » | 1 | 1 |
| Fineries. . . . . . . . . . . Inactives . | » | 1 | 1 |
| Fours à puddler. . . . . . Actifs. . . . | 13 | 127 | 140 |
| Fours à puddler. . . . . . Inactifs. . . | 3 | 30 | 33 |
| Fours à réchauffer. . . . . Actifs. . . . | 6 | 57 | 63 |
| Fours à réchauffer. . . . . Inactifs. . . | » | 14 | 14 |
| Gros marteaux ou squeezers. Nombre . . | 3 | 22 | 25 |
| Marteaux ordinaires. . . . . Nombre . . | » | 22 | 22 |
| Cisailles . . . . . . . . . . . . Nombre . . | 4 | 45 | 49 |
| Trains de laminoirs. Ébaucheurs. . . . . . . | 3 | 12 | 15 |
| Trains de laminoirs. Gros fer marchand. . . | 2 | 9 | 11 |
| Trains de laminoirs. Petit fer marchand. . . | 4 | 11 | 15 |
| Trains de laminoirs. Rails. . . . . . . . . . . | » | 5 | 5 |
| Trains de laminoirs. Tôles. . . . . . . . . . | » | 5 | 5 |
| Trains de laminoirs. Fonderies. . . . . . . . | 2 | 11 | 13 |
| Machines à vapeur. Nombre. . . . . . . . . | 6 | 48 | 54 |
| Machines à vapeur. Force en chevaux vap. | 290 | 1.817 | 2.107 |

USINES. (*Suite.*)

| | | Premier district. | Deuxième district. | Première direction. |
|---|---|---|---|---|
| Roues hydrauliques. | Nombre. | » | 45 | 45 |
| | Force en chevaux vap. | » | 627 | 627 |
| Nombre d'ouvriers. | | 290 | 2.530 | 2.820 |
| Consommation. | Fonte . . . tonn. | 10.468 | 103.044 | 112.948 |
| | Charbon de bois . . — | » | 1.295 | 1.295 |
| | Houille . . . — | 10.935 | 175.230 | 185.690 |
| Production en fer . . . — | | 8.750 | 75.878 | 84.728 |
| Valeur . . . fr. | | 1.750.000 | 14.976.720 | 16.726.720 |
| *4° Platineries, martinets et fenderies.* | | | | |
| Fours à réverbère | Actifs. | 6 | 15 | 21 |
| | Inactifs. | » | 7 | 7 |
| Foyers découverts. | Actifs. | 12 | 27 | 39 |
| | Inactifs. | » | 11 | 11 |
| Marteaux. | Nombre. | 11 | 28 | 39 |
| Fenderies. | Nombre. | » | 1 | 1 |
| Machines à vapeur. | Nombre. | 5 | 4 | 9 |
| | Force en chevaux vap. | 40 | 79 | 119 |
| Roues hydrauliques. | Nombre. | 6 | 38 | 44 |
| | Force en chevaux vap. | 48 | 315 | 363 |
| Nombre d'ouvriers. | | 38 | 149 | 187 |
| Consommation. | Fer brut . . . tonn. | » | 1.451 | 1.451 |
| | Mitraille . . . — | 864 | 1.865 | 2.729 |
| | Houille . . . — | 1.340 | 7.464 | 8.804 |
| Production en fer ouvré . . . — | | 717 | 2.613 | 3.330 |
| Valeur . . . fr. | | 227.220 | 1.022.180 | 1.249.400 |
| *5° Fonderies de fer.* | | | | |
| Nombre de fonderies. | Actives. | 27 | 33 | 60 |
| | Inactives. | » | 1 | 1 |
| Nombre de fours à réverbère. | | » | 2 | 2 |
| Nombre de cubilots. | | 46 | 69 | 115 |
| Machines à vapeur. | Nombre. | 9 | 29 | 38 |
| | Force en chevaux vap. | 42 | 229 | 271 |
| Nombre d'ouvriers. | | 252 | 714 | 966 |
| Consommation. | Fonte brute. . . tonn. | 6.726 | 17.064 | 23.790 |
| | Coke. . . — | 1.262 | 4.494 | 5.756 |
| Production en fonte moulée . . . — | | 6.261 | 15.973 | 22.234 |
| Valeur . . . fr. | | 1.235.550 | 3.029.635 | 4.265.185 |
| *6° Fabriques d'acier.* | | | | |
| Nombre d'établissements. | | » | 2 | 2 |
| Fours de réduction et de cémentation en activité. | | » | 2 | 2 |
| Fours de chaufferie en activité. | | » | 9 | 9 |
| Fours de fusion en activité. | | » | 9 | 9 |
| Squeezers et marteaux fronteaux. | | » | 4 | 4 |
| Marteaux ordinaires | | » | 4 | 4 |
| Cisailles | | » | 2 | 2 |
| Trains de laminoirs. | | » | 2 | 2 |
| Machines à vapeur. | Nombre. | » | 7 | 7 |
| | Force en chevaux vap. | » | 149 | 149 |
| Nombre d'ouvriers | | » | 75 | 75 |
| Production en acier. . . tonn. | | » | 179 | 179 |
| Valeur. . . fr. | | » | 175.000 | 175.000 |

Il existait au 31 décembre 1859, dans la province de Hainaut, *dix-huit cent treize* machines à vapeur fixes locomotives, ou générateurs isolés dépourvus d'organes mécaniques, de la force globale de *soixante-six mille trois cent cinquante chevaux vapeur :* c'est plus que le tiers du nombre total et près de la moitié de la force de toutes les machines à vapeur de la Belgique, y compris celles de la province de Hainaut. En une année le nombre et la force des appareils à vapeur ont donc respectivement augmenté de *cent soixante douze*, et de *sept mille un chevaux vapeur.* On remarquera, comme les années précédentes, que ce sont les houillères et les chemins de fer concédés qui ont le plus contribué à cette double augmentation.

ANNÉE 1859. — *Nature des accidents.*

| | 1er DISTRICT. | | | | 2e DISTRICT. | | | | 1re DIRECTION. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Accidents. | Blessés. | Tués. | Blessés et tués. | Accidents. | Blessés. | Tués. | Blessés et tués. | Accidents. | Blessés. | Tués. | Blessés et tués. |
| Accidents arrivés dans les puits pendant la descente ou la remonte des ouvriers sur les cordes. . . . . . . . . . . . . | 9 | 3 | 8 | 11 | 9 | » | 9 | 9 | 18 | 3 | 17 | 20 |
| *Id.* . . . sur les échelles. . . . | 2 | 1 | 1 | 2 | » | » | » | » | 2 | 1 | 1 | 2 |
| *Id.* dans d'autres circonstances | 10 | 2 | 9 | 11 | 17 | 1 | 16 | 17 | 27 | 3 | 25 | 28 |
| Éboulements, chutes de pierres | 29 | 5 | 28 | 33 | 28 | » | 28 | 28 | 57 | 5 | 56 | 61 |
| Coups de feu (explosions de *grisou*). . . . . . . . . . . . | 2 | » | 2 | 2 | » | » | » | » | 2 | » | 2 | 2 |
| Coups d'eau (irruptions subites des eaux). . . . . . . . . . . . | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| Explosions de mines. . . . . . . | 2 | » | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 3 | 4 |
| Asphyxies. . . . . . . . . . . . . | » | » | » | » | 1 | » | 1 | 1 | 1 | » | 1 | 1 |
| Chutes de chariots le long des plans inclinés. . . . . . . . . | 8 | » | 8 | 8 | 4 | » | 4 | 4 | 12 | » | 12 | 12 |
| Accidents dus à diverses causes. | 17 | 3 | 11 | 14 | 9 | 3 | 7 | 10 | 26 | 6 | 18 | 24 |
| Totaux. . . . . . . | 79 | 14 | 69 | 83 | 70 | 5 | 66 | 71 | 149 | 19 | 135 | 154 |

J'ai d'abord à répéter ici une observation que j'ai déjà faite plusieurs fois, c'est que tous les accidents de l'année 1859 sont du genre de ceux que j'appelle *individuels*, c'est-à-dire qui n'ont point fait un grand nombre de victimes; en effet le nombre d'ouvriers tués est inférieur de 14 au nombre d'accidents et le nombre total d'ouvriers blessés et tués supérieur seulement de cinq. Ces accidents ont donc été d'une nature

telle qu'il n'était pas donné à l'administration de les prévoir et encore moins de les prévenir.

Voici la récapitulation des nombres d'ouvriers, d'accidents et de victimes des quatre années précédentes, 1855 à 1858.

| ANNÉES. | OUVRIERS. | ACCIDENTS. | BLESSÉS. | TUÉS. | BLESSÉS ET TUÉS. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1855 | 52,002 | 155 | 53 | 151 | 204 |
| 1856 | 53,868 | 147 | 46 | 133 | 179 |
| 1857 | 53,358 | 118 | 29 | 105 | 134 |
| 1858 | 55,084 | 126 | 36 | 154 | 190 |
| Totaux. . . | 214,312 | 546 | 164 | 543 | 707 |
| Moyennes . | 53,578 | 137 | 41 | 136 | 177 |
| Pour. . . . | 58,855 | 151 | 45 | 150 | 195 |

Le nombre absolu d'accidents de l'année 1859 est donc supérieur de 12 à la moyenne des quatre années précédentes; mais les nombres d'ouvriers blessés, d'ouvriers tués et d'ouvriers blessés et tués sont respectivement inférieurs aux moyennes des quatre années précédentes de 22, de 1 et de 23.

Si l'on calculait les moyennes correspondantes à un nombre d'ouvriers égal à celui de l'année 1859 (58.855), la comparaison serait encore plus favorable à cette dernière année, puisque, comme on le voit par la dernière ligne du tableau qui précède, les nombres d'accidents, d'ouvriers blessés, d'ouvriers tués et d'ouvriers blessés et tués de l'année 1859 seraient alors respectivement inférieure de 2, de 26, de 15 et de 41 aux moyennes de la période des quatre années précédentes.

(*Extrait d'un rapport annuel de* M. Gonot, *ingénieur en chef des mines de la province du Hainaut*). — 10 mai 1860.)

## Sur les mines de cuivre découvertes près d'Acton, province de Montréal (Canada).

Les mines de cuivre d'Acton, dont la découverte remonte à plusieurs années, n'ont pris de la célébrité et n'ont été exploitées sur une large échelle que depuis quelques mois.

Le village d'Acton est situé dans le comté de Bagot, à 49 milles de Montréal, sur la voie ferrée qui unit cette ville à Richmond,

où la ligne se partage en deux branches, l'une dirigée vers Portland et l'autre vers Québec. Au dernier recensement, ce village ne comptait que 150 âmes; il est entouré de bois, et le sol, qui est marécageux, semble généralement peu fertile.

La présence du cuivre aux environs d'Acton avait été signalée, il y a plus de dix ans, par sir William Logan, géologue de la province. On connaissait l'existence de gisements, orientés du nord-est au sud-ouest, et partant du lac Champlain pour aller aboutir au Saint-Laurent, à la hauteur de Québec. Ainsi, dans les comtés de Drummond et de Megantic, à Upton et à Leeds, on savait qu'il y avait des couches cuprifères et l'on avait même cherché à en tirer parti. La galène se montrait fréquemment associée aux pyrites de cuivre. On rencontrait également des quartz aurifères dans les mêmes localités. Nulle part cependant les dépôts de substances minérales ne se présentaient dans des conditions assez favorables pour attirer les capitalistes. Les quelques essais d'exploitation qui avaient eu lieu étaient médiocrement encourageants. On était tombé sur des gîtes irréguliers, sur des espèces de poches plutôt que sur des filons, et là où, comme à Leeds, l'on avait trouvé une véritable veine, les travaux, bien que convenablement conduits, avaient atteint une profondeur assez considérable sans donner de résultat décisif. Le haut prix de la main-d'œuvre avait arrêté, presque à son début, l'exploitation des quartz aurifères de la Chaudière. Il y avait eu d'ailleurs beaucoup d'argent perdu sur la rive septentrionale du lac Supérieur, où la rigueur du climat d'une part, le manque de communication de l'autre, s'opposent à la mise en valeur des richesses minérales, qui joueraient un rôle important dans un pays moins froid ou mieux pourvu de routes.

C'est au hasard qu'est due la découverte des masses de sulfure de cuivre qui semblent concentrées autour d'Acton. L'événement n'avait rien d'inattendu; il a fait toutefois sensation. Le petit village d'Acton est subitement devenu le centre de recherches et de spéculations qui n'ont pas été toutes heureuses. On a vu en un seul jour plus de mille visiteurs accourir aux exploitations des terres sans valeur qui en peu de semaines ont passé de main en main, et chaque changement de propriétaire a été accompagné d'une augmentation dans les prix. Bref, il s'est produit, sur une échelle plus restreinte, une sorte de fièvre analogue à celle occasionnée par les placers aurifères de

telle qu'il [illegible] de Washoë. Il serait encore r[illegible] quelles seront les consé-[illegible]; mais ce qu'il importe d'é-

Voici [illegible] la situation, c'est qu'il y a eu et de v[illegible] d'exagération dans les rapports mis en circulation [illegible] des richesses minérales d'Acton. En réalité, il n'y a [illegible] qu'une seule exploitation qui ait complète-[illegible] moment; en d'autres termes qui donne de larges béné-[illegible] réussi, ou en [illegible] Partout ailleurs on marche à tâtons : le cuivre se montre [illegible] à la surface du sol, soit à quelques pieds au-dessous, bien soit à l'état de fragments roulés, tantôt disséminé dans les roches calcaires; mais nulle part on ne rencontre d'amas important ou de filon nettement défini. L'exploitation favorisée appartient à M. Davies, de Montréal, avec qui je l'ai visitée; elle est située à un kilomètre environ de la station du chemin de fer. C'est moins une mine qu'une carrière. Les travaux ont lieu à ciel ouvert; ils n'embrassent d'ailleurs qu'une petite étendue et suffisent à peine pour donner une idée complète de la formation.



Le cuivre se trouve contenu dans une roche calcaire qui appartient à l'étage silurien et paraît devoir être rattachée au groupe de l'Hudson. Ce calcaire est de couleur grise; il est dur et cristallin. La pyrite de fer s'y rencontre assez fréquemment en cristaux cubiques : la chaux carbonatée en lamelles blanches y forme aussi de petites veines; mais les débris fossiles y sont rares. Le minerai de cuivre est à l'état de sulfure; on l'appelle *purple ore*, minerai pourpré, à cause de sa couleur violacée et des reflets irisés que l'on aperçoit dans la plupart des échantillons. La roche cuprifère forme une couche qui semble courir du nord-est au sud-ouest, et dont l'inclinaison moyenne est d'à peu près 30 degrés. On n'en connaît encore ni la puissance ni les limites. Peut-être n'est-ce qu'un amas de grandes dimensions? Sir William Logan pencherait vers cette opinion. La pyrite de cuivre accompagne quelquefois le sulfure simple. On observe également des carbonates bleus et verts. Ces dernières substances sont habituellement terreuses; elles se trouvent dans une couche de schistes, qui n'a pas en général plus de $0^m,40$ d'épaisseur, et qui précède la roche chargée du sulfure, dont elle constituerait en quelque sorte le toit. Ces schistes et les calcaires auxquels ils sont superposés viennent immédiatement au-dessous des dépôts d'alluvion, dont l'épaisseur varie

entre 2 et 4 mètres. Les travaux consistent en des tranchées pratiquées à peu près au hasard. Jusqu'à présent, aucune idée scientifique n'a présidé à l'exploitation, qui est entre les mains d'un entrepreneur auquel M. Davies a loué son terrain pour trois ans, à condition de lui livrer en payement le tiers des produits. Le schiste est friable et se détache facilement avec le pic. On emploie la poudre pour briser la pierre calcaire. Les excavations étant peu profondes, il n'y arrive qu'une très petite quantité d'eau, qu'on enlève au moyen d'une pompe manœuvrée par deux hommes. Les seules difficultés qu'ait encore rencontrées l'exploitation sont venues de roches stériles qui ne se trouvent point, comme la masse minérale, intercalées dans la stratification, mais qui la coupent, au contraire, en interrompant le gîte cuprifère ou tout au moins en l'appauvrissant. Ces roches sont de nuance verdâtre; à l'œil, elles offrent des analogies avec certaines espèces de trapps. On n'a point eu le temps d'étudier leur action sur le terrain avoisinant, dont les ondulations pourraient leur être dues. Les mines sont creusées au pied d'un renflement, sur le sommet duquel apparaissent des calcaires que traversent des filons de quartz. Il n'y a point eu sur l'autre versant de minerai de cuivre découvert en quantités appréciables, mais les indications ne manquent pas. Presque toutes les fouilles, pour peu qu'elles soient poussées jusqu'à la base des dépôts d'alluvion, mettent à nu des pierres roulées où la pyrite de cuivre se laisse facilement voir. Malheureusement les explorations sont caractérisées par une absence complète de méthode.

Cent cinquante ouvriers sont actuellement employés sur la mine de M. Davies. Les uns excavent le sol et les autres préparent le minerai que l'on en retire : parmi ces derniers figurent des femmes et des enfants payés à raison de 1f,25 par jour. Les gages d'un manœuvre sont de 4 francs pour neuf heures de travail. Il n'y a qu'un fort petit nombre de mineurs, dans le sens propre du mot : ceux-là ont des salaires mensuels de 40 doll., soit 212 francs.

Si l'exploitation est simple, la préparation mécanique l'est encore davantage : tout se fait à la main. On soumet la roche cuprifère à un triage grossier; puis on la casse en morceaux de la grosseur d'un œuf de canard que l'on empile dans des barils de farine. Les poussières sont également ramassées et réunies dans des récipients séparés. Ces différents produits sont ache-

minés sur Boston, où se trouvent les usines à cuivre; avant d'être fondus ils subissent un double essai dont les résultats doivent concorder. On évalue à 15 p. 100 leur richesse moyenne. Le prix se déduit de l'analyse : jusqu'à présent il a varié de 3,50 à 4,50 liv. st. pour chaque unité de métal contenue dans la tonne. En prenant des moyennes, la tonne de 1.000 kilogrammes transportée à Boston y a été payée 315 francs. Entre Acton et Boston, le frêt de la tonne par chemin de fer est de 21 francs seulement. On peut juger par ces chiffres des énormes bénéfices que doit donner l'exploitation dans sa forme actuelle. Les carrières de cuivre peuvent aisément rendre 500 tonnes de minerai par mois, représentant à Boston 30.000 liv. st., et ne coûtant, tant pour l'extraction que pour la préparation et pour le frêt que la quatrième partie de cette somme. Aussi M. Davies, qui possède à Acton 900 acres (360 hectares) de terre, qu'il n'a pas dû payer, à l'époque où il en a fait l'acquisition, plus de 10 liv. st. l'acre, reçoit-il des offres qui vont jusqu'à 500.000 liv. st. Il hésite à les accepter; ce qui pourtant serait de nature à l'y décider prochainement, c'est le vague qui règne sur l'étendue du gisement de cuivre. Si ce n'était, comme sir William Logan inclinerait à le présumer, qu'un amas ou plutôt une sorte de poche intercalée accidentellement dans la stratification, les limites en pourraient être très-restreintes, et si l'on venait à les reconnaître, le sol perdrait de suite la plus grande partie de sa valeur. Quelle que soit d'ailleurs la véritable nature du trésor appartenant à M. Davies, tout donne à croire qu'il n'est pas unique dans le pays. Des recherches dirigées par des hommes compétents et suivies avec persévérance amèneraient sans doute la découverte de nouvelles richesses minérales.

Divers échantillons de la roche cuprifère d'Acton figuraient à l'exposition des produits de l'industrie canadienne, qu'a inaugurée S. A. R. le prince de Galles pendant sa visite à Montréal. J'en ai vu qui avaient été polis et présentaient l'apparence de brèches dont les éléments auraient été cimentés par une pâte de sulfure de cuivre.

Il y avait à cette même exposition de beaux spécimens de marbres, de porphyres et d'ardoise. On y remarquait aussi des minerais de fer oligiste et magnétique venant pour la plupart de la région comprise entre l'Ottawa, le Saint-Laurent et le lac Ontario. Ces minerais présentent de rares analogies avec ceux

de la Suède, particulièrement des provinces de Carlstadt et d'Orebro. Ils sont extrêmement riches et forment des couches d'une puissance extraordinaire. On ne les exploite cependant que dans une ou deux localités. Les forges du Saint-Maurice, qui sont en activité depuis plus d'un siècle, emploient des minerais limoneux, provenant des terrains d'alluvion et contenant du phosphore; les fers qu'elles produisent sont néanmoins très-recherchés. Des spécimens de graphite, d'oxyde de chrôme et de fer titané étaient également mis en évidence. On sait que ces substances sont abondantes au Canada, où l'on n'en tire que peu ou point de parti. Il y a notamment dans le Bas-Canada, entre Québec et le Saguenay, des filons de rutile qui ont jusqu'à 10 mètres d'épaisseur. S'il était vrai, comme on l'a récemment prétendu, que le titane pût entrer utilement dans la fabrication des fers à acier, ces filons deviendraient peut-être une source de richesse pour le pays. L'industrie houillère était représentée à l'exposition par une coupe verticale de la mine d'Albion, à Pictou, dans la Nouvelle-Écosse : la veine que l'on exploite a 37 pieds 1/2 d'épaisseur et livre annuellement 100.000 tonnes. Le charbon en est très-bitumeux. La formation carbonifère manque au Canada, où l'on passe sans transition du terrain dévonien aux dépôts d'alluvion ou séries quaternaires. Mais quelques-uns des schistes de la formation silurienne sont fortement imprégnés de bitume : dans beaucoup de localités cette matière a été volatilisée et s'est ensuite condensée dans les interstices des roches au milieu desquelles elle forme de petites veines qui, au preminer abord, offrent l'aspect de la houille.

(*Extrait d'un rapport adressé à Son Excellence le ministre des affaires étrangères, par* M. Gauldrée-Boilleau, *consul de France à Québec.*)

---

# TABLE DES MATIÈRES

## DU TOME DIX-SEPTIÈME.

### MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Pages.

**Extraits de minéralogie; par M. *de Senarmont*, ingénieur en chef, professeur à l'Ecole des mines. . . . . . . . . 69**

Sur la Jalpaïte. . . . . . . . . . . 69
Sur la Guaycanite du Chili. . . . 69
Analyse du mispickel de Sahla. . 69
Sur la chaux fluatée de Weserdorf. 70
Analyse de Carnallite . . . . . . 70
Sur la messotite . . . . . . . . . . 70
Sur le zinc hydro-carbonaté d'Espagne. . . . . . . . . . . . . . 70
Sur l'alumiane. . . . . . . . . . . 71
Sur la Rœmerite . . . . . . . . . . 71
Sur la Kapnicite et la Wavellite. 71
Sur l'ostéolite de Kratzer-berg. . 72
Sur la triphilline de Bodenmais . 72
Sur la calcoferrite. . . . . . . . . 72
Sur quelques minéraux de la mine de Mercédès, près Coquimbo (Chili.) . . . . . . . . . . . . . . 73
Sur les phosphates de cuivre. . . 73
Sur la boracite de Lunébourg et la Stassfurtite de Stassfurth . . 73
Nouvelle analyse de Stassfurtite de Stassfurth. . . . . . . . . . . 73
Sur la tinkalzite . . . . . . . . . . 74
Sur la Schrötterite de Chérokée. . 74
Sur l'Auerbachite. . . . . . . . . . 74
Sur la siénite zirconienne de Fredrikvaern. . . . . . . . . . . . . 75
Sur le microcline. . . . . . . . . . 75
Sur l'unionite. . . . . . . . . . . . 76
Sur la pélicanite . . . . . . . . . . 76
Sur la chalcodite. . . . . . . . . . 76
Sur le métal de carbone du Chili. 77
Sur deux minéraux de l'Inde centrale. . . . . . . . . . . . . . 77
Sur la miascite. . . . . . . . . . . 77
Sur les silicates d'Urane. . . . . . 78
Analyses de la faröélite et autres minéraux de la Nouvelle-Ecosse 78
Analyses de l'yttrotitanite. . . . . 79
Sur les fers titanés. . . . . . . . . 79
Sur le fer oligiste octaédrique du Vésuve . . . . . . . . . . . . . . 80
Sur la tyrite . . . . . . . . . . . . 80
Analyse de la tyrite . . . . . . . . 80
Sur la météorite tombée à Kaba (Hongrie.) . . . . . . . . . . . . 81
Sur la météorite de Montrejau . . 82
Sur la présence du chrome oxydé au Val-d'Ajol (Vosges) . . . . . 83
Pseudomorphose de l'aragonite en cuivre natif. . . . . . . . . . 83
Sur le mellite. . . . . . . . . . . . 83
Sur la krantzite. . . . . . . . . . . 83
Action des solutions salines sur quelques silicates. . . . . . . . 84
Production artificielle de l'anhydrite. . . . . . . . . . . . . . . 84
Production artificielle de l'azurite. . . . . . . . . . . . . . . . 84
Sur la structure microscopique des cristaux . . . . . . . . . . . 84

**Gisement et exploitation du diamant dans la province de**

Pages.

Minas Geraes (Brésil); par MM. *Heusser* et *Claraz* (traduit par M. *Delesse*) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 289

CHIMIE.

Extraits des travaux du bureau d'essais de l'École des mines (année 1859); par M. *Moissenet*, ingénieur des mines . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1

Extraits de chimie (travaux de 1859); par M. *Moissenet*, ingénieur des mines . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 19

Sur un nouveau minerai de vanadium . . . . . . . . . . . . . 19
Sur la présence du vanadium dans l'argile de Gentilly . . . . 20
Sur la reduction des chlorures de baryum, de strontium et de calcium, par le sodium . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 21
Préparation du sesquichlorure de chrome . . . . . . . . . . . 22
Séparation du bismuth et du plomb . . . . . . . . . . . . . . 22
Sur le sulfate de baryte . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 23
De l'action de l'air sur le mélange de sulfure de calcium et de carbonate de potasse et de soude . . . . . . . . . . . . . 23
Sur quelques modifications dans la méthode d'analyse de l'air par absorption . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 24
De la formation du sulfate aluminique anhydre et d'un nouveau procédé industriel pour la fabrication de l'alun. . . . 25
Faits pour servir à l'histoire du chlorure de zinc . . . . . . . . 26
Sur l'utilisation du sulfate de zinc des piles et sur le traitement de la blende par voie humide . . . . . . . . . . . . . 26
Sur la préparation industrielle du vermillon d'antimoine. . . 27
Sur une variété de l'oxyde de chrome. . . . . . . . . . . . . . 29
Sur un nouveau vert de chrome . . . . . . . . . . . . . . . . . 29
Sur le blanchiment . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 30
Analyse de monnaies chinoises. . . . . . . . . . . . . . . . . . 30
Sur la dureté des métaux et des alliages. . . . . . . . . . . . . 31

Compte rendu des travaux de l'observatoire de Clermont-Ferrand, de 1836 à 1859 ; par M. *Tournaire*, ingénieur des mines. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 35

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Des diverses variétés de houille du département de Saône-et-Loire; par M. *Estaunié*, ingénieur des mines. . . . 367

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Expériences sur les marteaux-pilon à cames et à ressort, et sur la dureté des corps; par M. *Clarinval*, professeur à l'École de l'artillerie et du génie à Metz . . . . . . . 87

Pages.

Description d'un nouveau système de ventilation à force centrifuge et études sur cet appareil; par M. *Tournaire*, ingénieur des mines. . . . . . . . . . . . . . . . 235

Mémoire sur la distribution de la vapeur dans les machines oscillantes; par M. *Resal*, ingénieur des mines. 267

Notice et expériences sur l'injecteur automoteur de M. Giffard; par M. *Deloy*, sous-chef de traction au chemin de fer de Paris à Lyon. . . . . . . . . . . . . . 301

Extrait et discussion d'une notice théorique et pratique sur l'injecteur, par M. Giffard; par M. *Combes*, inspecteur général, directeur de l'École des mines. . . . . . 321

Résultats des expériences faites sur l'injecteur; par M. *Villon*, ingénieur civil. . . . . . . . . . . . . . . . . . 357

Machine à colonne d'eau établie à Saint-Nicolas-Varangeville; par M. *S. Pfetsch*, directeur des mines et salines à Saint-Nicolas. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 411

Compte-rendu d'expériences faites sur un ventilateur de M. Davaine; par M. *Sens*, ingénieur des mines. . . . 425

CONSTRUCTION. — CHEMINS DE FER.

Note sur les observations de M. Couche, relatives aux machines Engerth à huit roues couplées; par M. *Chobrzinski*, ingénieur de construction au chemin de fer du Nord. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 431

Machines à huit roues couplées; leur puissance, leur stabilité, leur effets sur la voie; par M. *E. Flachat*. . 441

Note sur le service des machines Engerth modifiées, et des mêmes machines découplées sur les chemins de fer de l'Est; par M. *Vuillemin*, ingénieur principal du matériel et de la traction aux chemins de fer de l'Est. 459

Observations sur les machines Engerth modifiées, etc, etc.; par M. *Couche*, ingénieur en chef, professeur à l'École des mines. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 461

OBJETS DIVERS.

Mémoire sur la situation commerciale des houillères du Nord et du Pas-de-Calais; par M. *de Marsilly*, ingénieur des mines. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 107

BULLETIN.

(1er semestre 1860.)

Pages.
Sur l'industrie minérale de la province de Hainaut (Belgique), 493. — Sur les mines de cuivre découvertes près d'Acton, province de Montréal (Canada), 510.

Table des matières du tome XVII . . . . . . . . . . . . . . 517
Explication des planches du tome XVII. . . . . . . . . . . 521

Annonces d'ouvrages concernant les mines, etc., publiés pendant le 1er semestre 1859. . . . . . . . . . . . . . . I-XXX

# EXPLICATION DES PLANCHES

## DU TOME DIX-SEPTIÈME.

Pl. I.

Pages.

*Fig.* 1 à 3. *Expériences sur le marteau-pilon de M. Schmerber.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 87

*Fig.* 4 à 10. *Nouveau ventilateur à force centrifuge.* . . . . 235

*Fig.* 4 à 7. Coupes des ventilateurs à simple pavillon et à double pavillon.

*Fig.* 8. Installation des expériences.

Pl II.

*Fig.* 1, 2, 3, 4, 5. *Distribution de la vapeur dans les machines oscillantes.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 267

*Fig.* 6 à 7. *Expériences faites aux ateliers du chemin de fer de Lyon sur l'injecteur de M. Giffard.*

A. Générateur de vapeur.
B. Cuve où l'eau est aspirée.
C. Récipient d'où l'on refoule le mélange d'eau et de vapeur.
D. Tuyau qui amène la vapeur à l'injecteur.
E. Robinet qui établit la communication entre le générateur et la conduite de vapeur.
F. Tuyau d'aspiration
G. Robinet qui établit la communication entre le tuyau F et la cuve B.
H. Injecteur.
I. Robinet qui établit la communication entre le tuyau de prise de vapeur et l'injecteur.
J. Thermomètre indiquant la température de la vapeur à son entrée dans l'injecteur.
K. Manomètre indiquant la pression de la vapeur à son entrée dans l'injecteur.
L. Manomètre indiquant la pression dans le tuyau de refoulement.
M. Tuyau de refoulement.
N. Thermomètre indiquant la température du mélange d'eau et de vapeur.
O. Robinet à hélice servant à faire varier la section du tuyau de refoulement.
P. Robinet de vidange.
Q. Canal recevant l'eau du récipient.
R. Thermomètre indiquant la température du mélange.
S. Tuyau destiné à vider le tuyau de refoulement.

Pages.
Pl. III. *Injecteur automoteur de M. Giffard.* . . . . . . . . . . . 321
*Fig.* 1, 2, 3. Coupe longitudinale et élévation de l'appareil.
*Fig.* 4 et 5. Influence de l'inclinaison des parois.
*Fig.* 6. Description de l'injecteur employé comme machine d'épuisement.
*Fig.* 7. Installation de l'injecteur sur les machines locomotives.

Pl. IV à V. *Machine à colonne d'eau établie aux salines de Varangéville-Saint-Nicolas.* . . . . . . . . . . . . . . . . 411
Pl. IV. Plan, coupe longitudinale et coupe transversale de la machine.

Pl. V.
*Fig.* 1, 2, 3, 4. Régulateur hydraulique.
*Fig.* 5 et 6. Piston.
*Fig.* 7. Plaque de dessus du robinet.
*Fig.* 8, 9, 10, 11, 12. Détails du robinet.
*Fig.* 13, 14. Détails d'un joint.
*Fig.* 15. Disposition d'ensemble des colonnes, conduites et bassins.

Pl. VI.
*Fig.* 1 à 3. *Ventilateur de M. Davaine.* . . . . . . . . . . . 425
*Fig.* 3 à 6. *Découplement définitif des machines Engerth à huit roues couplées du chemin de fer de l'Est.* . . . . . . 459
*Fig.* 7. *Application des contre-poids, par M. Nollau.* . . . 461

FIN DU TOME DIX-SEPTIÈME.

---

Paris. — Imprimé par E. Thunot et C$^{e}$, rue Racine, 26.

## ERRATA DU TOME XVII.

---

Page 447, ligne 4, au lieu de *un foyer*, lisez le poids.
Page 448, ligne 15, à la suite des mots *par seconde*, ajoutez :
de 18.600 k.m. ; dans le second, l'effort a été de 7.120 kil. et le travail dynamique par seconde de 27.800 k.m.
Page 450, ligne 4, au lieu de $0^m,051$, lisez $0^m,032$.
Page 452, ligne 30, après *de résistance*, ajoutez : ou.
Page 453, ligne 5, *du chemin*, lisez des chemins.
Même page, ligne 26, *usage*, lisez usure.
Page 454, ligne 9, $1^f,5$, lisez $1^c,5$.

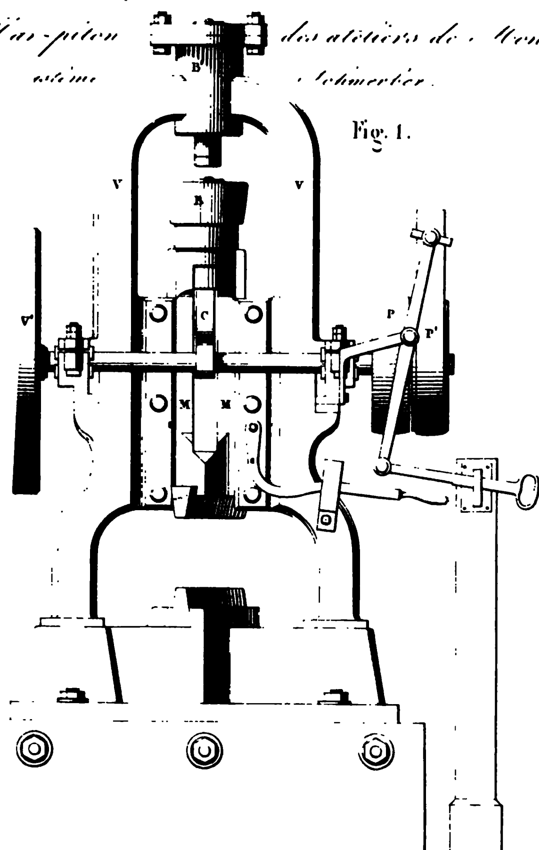
---

Page 478, ligne 4, *chance*, lisez chances.
Page 479, 1re ligne de la note, *ces mots*, lisez ce mot.

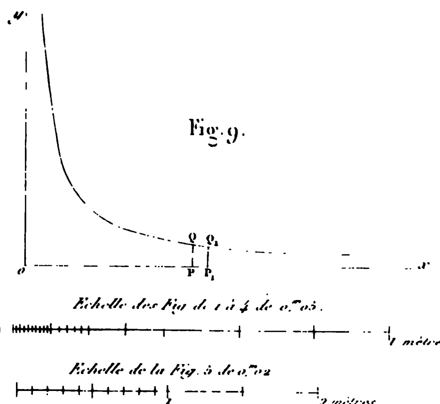
---

Fig. 4

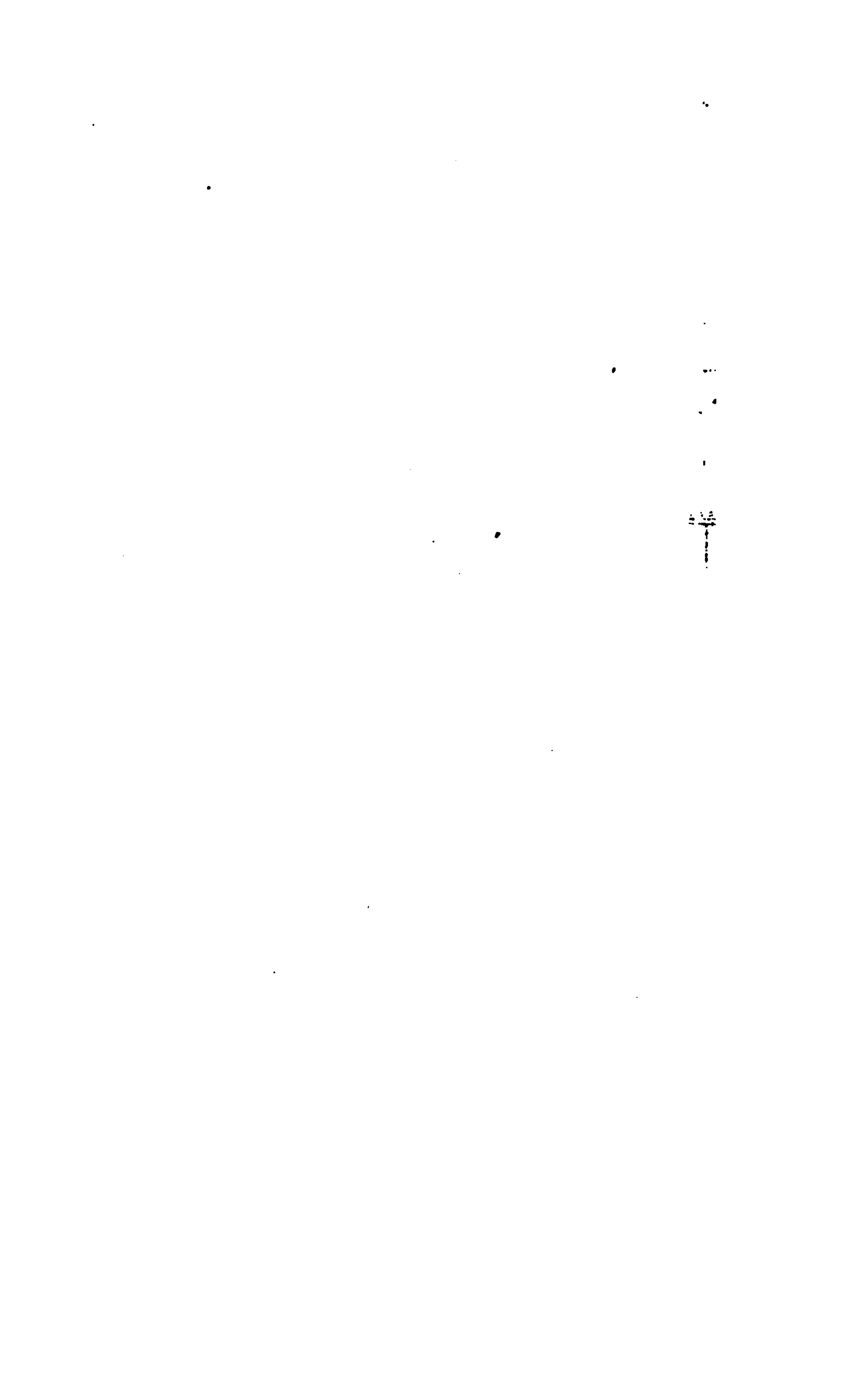
Marteau-pilon des ateliers de Montigny




figures 1 et 2.



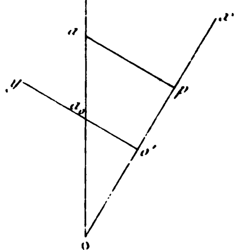

 Lemaître

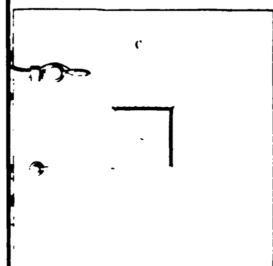


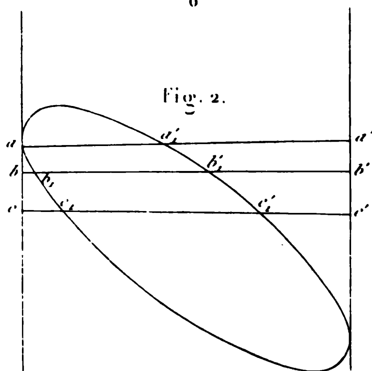
...scillantes.

Fig. 1.

A₁ L C K M J H R A A₀ E E₀ T D D₀ m n O S O'




...5 mètres.

Lemaitre sc.

g. 4.

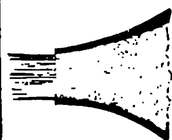
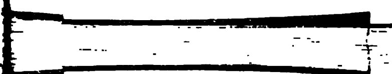


Fig. 5.



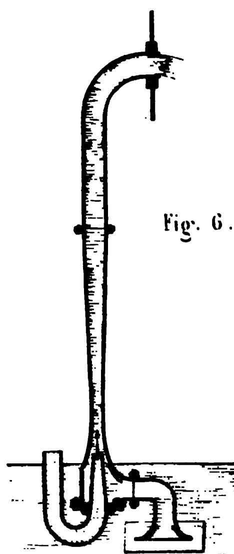
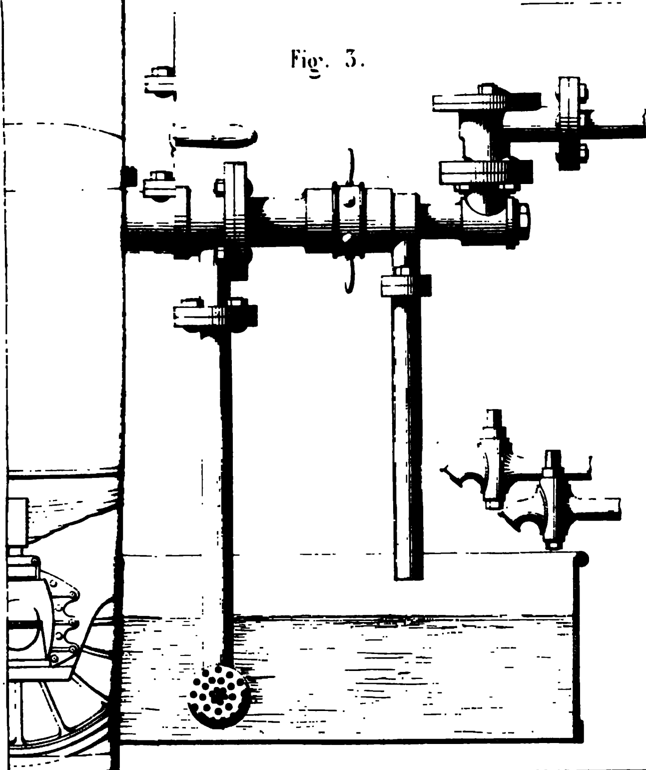


Fig. 6.

Fig. 3.



Annales des

Lemaitre sc.

Pl. IV.

*à doublé effet*

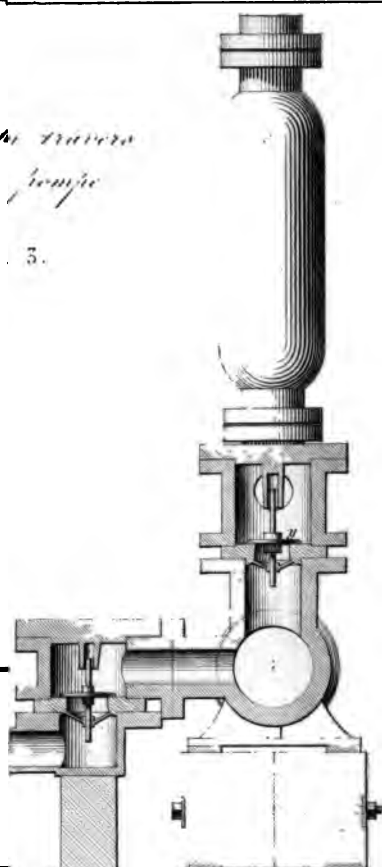
*rangéville le Meurthe travers*

*Coup ... pompe*

*de ...*

... 3.

*et de la pompe*



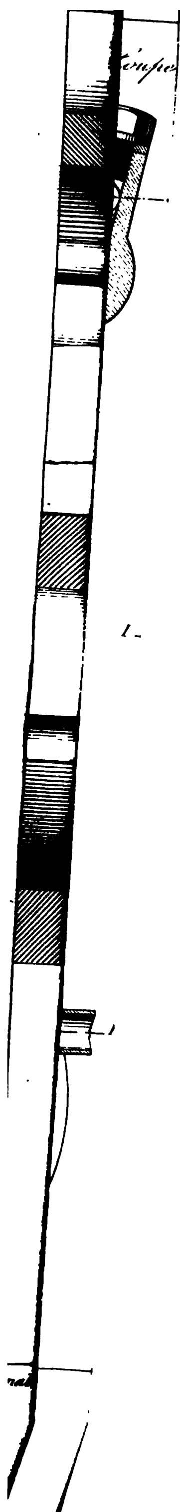
*1 mètre*

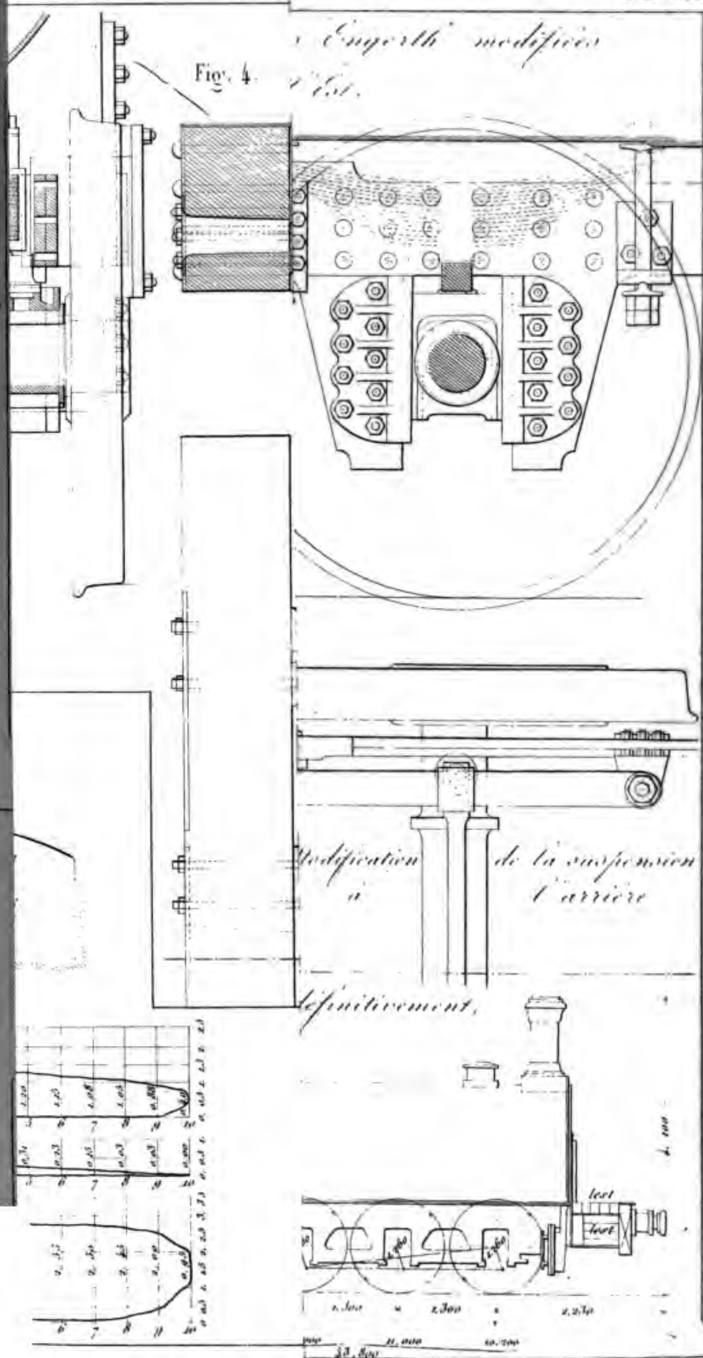
Fig. 4.



Annales ...

Lemaitre del et sc.




Engerth modifiées
Fig. 4.
l'Est.
Modification de la suspension
à l'arrière
définitivement.
lest
lest
23,800
Lemaitre del et sc.



